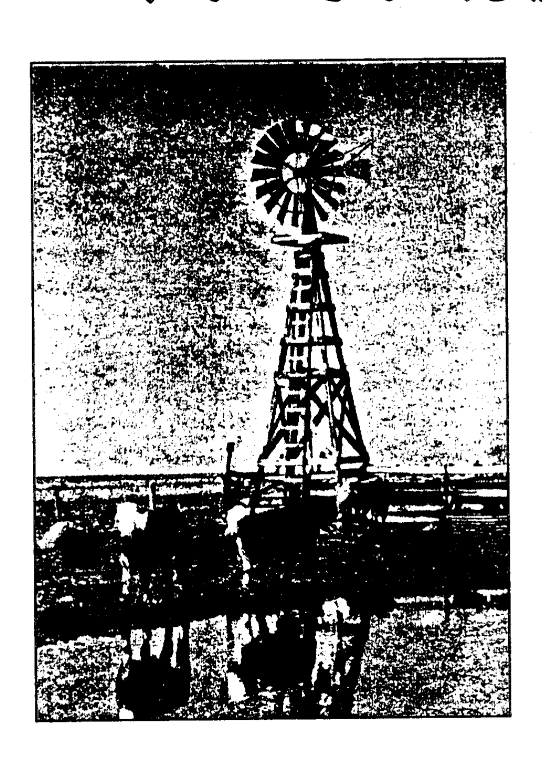


جمهورية مصر العربيـة
وزارة البحث العلمي
المعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية

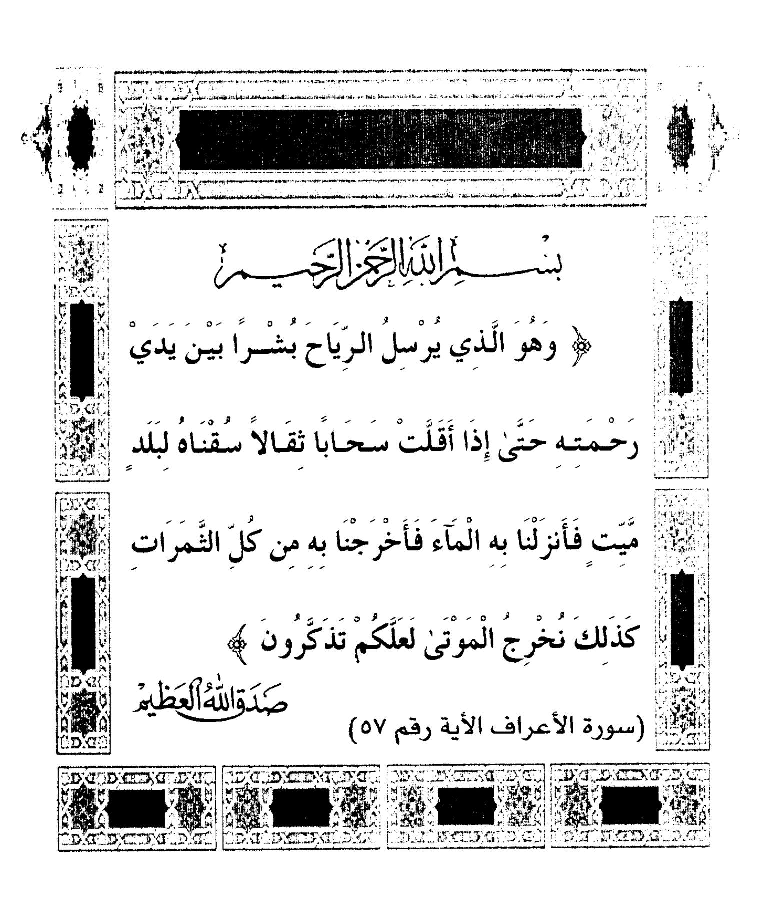


الرياح بُشرى ومصدر متجدد للطاقة



الأستاذ الدكتور/ حنفي علي دعبس

٢٠٠٤م


بسم الله الرحمن الرحيم
﴿ وَهُوَ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيَاحَ بُشْراً بَيْنَ يَدَيْ
رَحْمَتِهِ حَتَّىٰ إِذَا أَقَلَّتْ سَحَاباً ثِقَالاً سُقْنَاهُ لِبَلَدٍ
مَّيِّتٍ فَأَنزَلْنَا بِهِ الْمَآءَ فَأَخْرَجْنَا بِهِ مِن كُلِّ الثَّمَرَاتِ
كَذَلِكَ نُخْرِجُ الْمَوْتَىٰ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ ﴾
صدق الله العظيم
(سورة الأعراف الأية رقم ٥٧)

شكر وتقدير

يتقدم المؤلف بأسمى آيات الشكر والتقدير إلى الأستاذ الدكتور/أنس محمد إبراهيم عثمان رئيس المعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية على المراجعة الدقيقة لمحتويات هذا الكتاب ، وعلى ما تم من مناقشات هامة ساعدت على ظهوره في هذه الصورة.

المؤلف

أ.د/حنفي علي دعبس



تقـديـــم

يواصل المعهد القومي للبحوث الفلكية والجيـوفيزيقية، منذ عام ١٩٠٣، مسيرته في خدمـة مجتمع البـحث العلمي، على المستويات المحليـة والإقليمية والعـالمية، من خلال دراسـاته في مجـالات الفلك وعلوم طبيـعة الأرض والفضـاء. كمـا يحرص المعهد على مـساعدة القراء العرب بصفـة عامة، والقارئ المصري بصفـة خاصة على تفهم الكون، وذلك بإصـدار الكتب المبسطة في المجالات التى تتم دراساتهـا بالمعهد، لنشر المفاهيم العلمية الحديثة، وللتشجيع في المشاركة الفعالة لحفظ البيئة.

وحيث أن الوقود اللازم للطاقـة والمتاح من الحفريات كالفحم والبـترول والغاز الطبيعي، على وشك النفـاذ، فقد أصبح البحث عن بدائل منابع الطاقـة والقدرة أمراً ملحاً. لقد ولـى عصر رخص البترول إلى غـير رجعة، ولذا وجب علينا، ولا سـيما في البلاد النـامية، أن نبـحث عن منابع أخرى للطاقـة مثل الطاقة مـن الشمس، ومن الرياح، ومن البحر وخلافة من المصادر المتجددة النقية التي لا تضر بالبيئة.

وفي هذا المضمار أثرى الكاتب المكتبة العربية بكتيبات مبسطة عن بعض مصادر الطاقة المتجددة، مثل كتاب الطاقة الشمسية في خدمة أمان ورفاهية الإنسانية، وكتاب الطاقة الحراريـة الأرضية متاعـاً للبشرية، ويضيف هنا هذا الكتـاب عن الرياح بشرى ومصدر متجدد للطاقة، متناولاً الموضوع بأسلوب سهل مبسط، ومعلومات متجددة، موضـحة بالصـور والأشكال الملونة، بعيـداً عن أي تعقـيدات علمـية، مما سـيسـاعد المتخصصين، وغير المتخصصين على التعرف وفهم هذا المصدر المتجدد للطاقة، وأثره في تحقيق الرفاهية وخدمة الإقتصاد الوطني.

أ.د /أنس محمد إبراهيم عثمان

رئيس المعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية

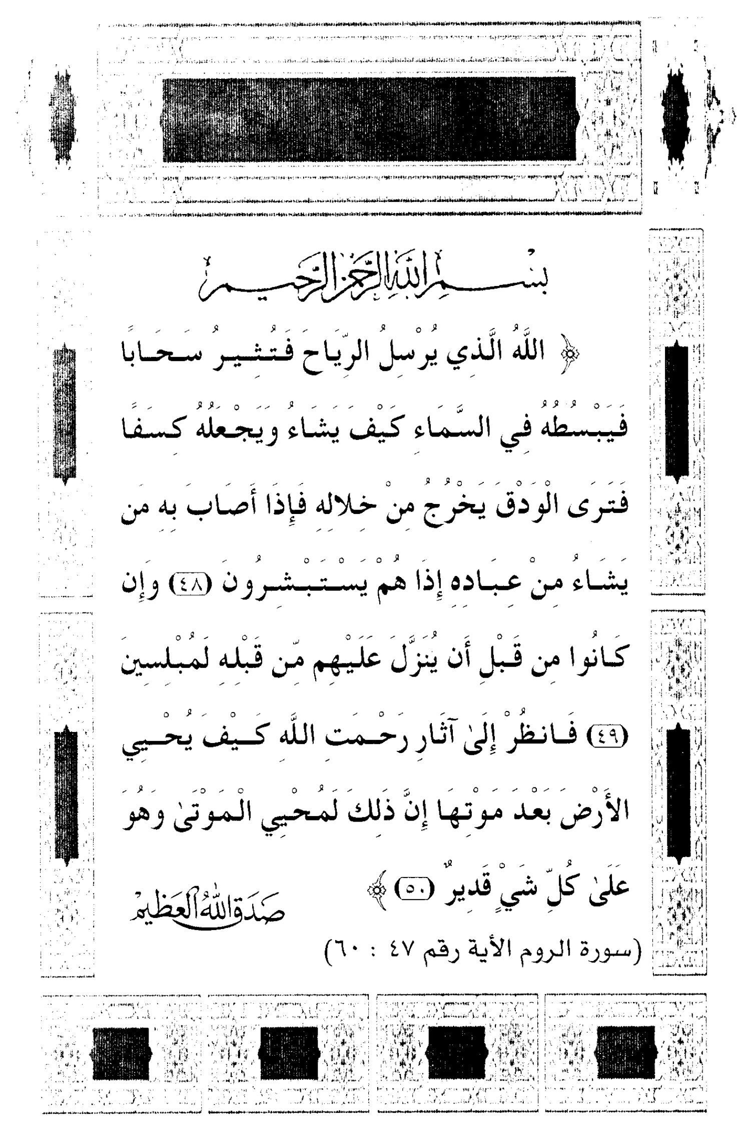


مقدمـة

من مظاهر نعم الله على خـلقه، وانتـشار رحمـته علـى الكرة الأرضيـة إرسال الرياح مـبشـرات بما تسوقـه من السحـاب الممطر، فـيحـيي أرضا قـد طال انتظارها للغيث، بعد أن كانت هامـدة لا نبات فيها ولا حياة، فـما أن تأتيها الرياح بالماء نراها تهتز وتربو، وتدب فيهـا الحيـاة، وتكتسي رباها بأنواع الأزاهير والألوان، وتنبت من كل زوج بهـيج، ويشـرب منه الجـميع من أنعـام وأناسي يفـرحـون بنزوله عليـهم، ووصوله إليهم.

وخلق الله سبـحـانه وتعـالى الإنسـان في الأرض خليـفـة، فـضله على سـائر المخلوقات بعقل راجح، يستخدمه في تيـسير حياته على هذه الأرض، والتغلب على الصـعاب التي تقـابله، والتطور بنفسـه وبها، ولم يدخـر الإنسان وسـعا في السـعي لإسـعاد نفـسه وأهلـه، فمـا أن ينضب معـين يعينه على الحـيـاة، نجده يعـمل فكره، ويبحث، وينجح في الكشف عن معين جديد.

وفي هذا الكتيب سنتعرض لوصف الرياح، وأهميتها المتعددة النواحي، وتوقفها على الظواهر الجوية، وأنواعهـا، وتوزيعها على مستوى الكرة الأرضـية. ثم نعرض بعد ذلك كـيف استطاع الإنسـان بتفكيـره الثاقب أن يسـتغل الرياح للحـصول على الطاقـة التي توفر عليـه الكثيـر من جهـده، وتهيئ له المعـيشة الـرغده وتساعـده على خفض تكالـيف معيـشته، ونمـو إقتصـاده، مما يؤدي في النهاية إلى رفـاهية الإنسـانية كلها.



بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ اللَّهُ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيَاحَ فَتُثِيرُ سَحَابًا فَيَبْسُطُهُ فِي السَّمَاءِ كَيْفَ يَشَاءُ وَيَجْعَلُهُ كِسَفًا فَتَرَى الْوَدْقَ يَخْرُجُ مِنْ خِلَالِهِ فَإِذَا أَصَابَ بِهِ مَن يَشَاءُ مِنْ عِبَادِهِ إِذَا هُمْ يَسْتَبْشِرُونَ (٤٨) وَإِن كَانُوا مِن قَبْلِ أَن يُنَزَّلَ عَلَيْهِم مِّن قَبْلِهِ لَمُبْلِسِينَ (٤٩) فَانظُرْ إِلَىٰ آثَارِ رَحْمَتِ اللَّهِ كَيْفَ يُحْيِي الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا إِنَّ ذَٰلِكَ لَمُحْيِي الْمَوْتَىٰ وَهُوَ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ (٥٠) ﴾

صدق الله العظيم

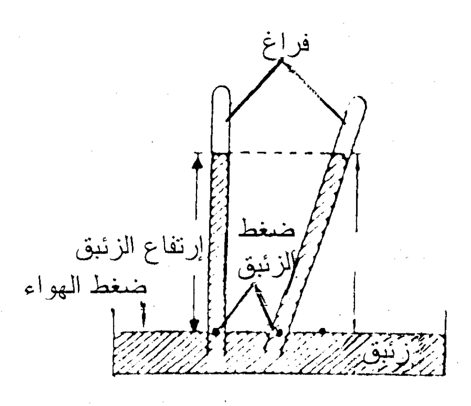
(سورة الروم الآية رقم ٤٧ : ٦٠)

الضغط الجوي وأثره في توجيه الرياح

كثيرا ما تطالعنا وسائل الإعلام كافة: المسموعة، والمقروءة، والمرئية، بحالة الضغط الجوي سواء على المستوى الإقليمي، أو على المستوى العالمي، والربط بين مناطق الضغط المختلفة وإتجاه الرياح. لذلك سنبدأ بصورة مبسطة جدا عن الضغط والضغط الجوي.

يعرف الضغط عند أي نقطة معينة بأنه القوة الرأسية المؤثرة علي وحدة المساحات حول هذه النقطة. وإذا تبنينا نظام الوحدات العالمية حيث نعتبر الكيلوجرام هو وحدة الوزن، والمتر وحدة المسافة، والثانية وحدة الزمن، ونيوتن وحدة القوة، وعليه فيكون تمييز الضغط طبقاً لذلك: نيوتن/ متر مربع.

ولقياس قيمة الضغط الجوي، إخترع تورشيلي البارومتر الزئبقي، وقام بإجراء تجربة لذلك (شكل ١). و استخدم البارومتر الزئبقي المكون من أنبوبة زجاجية يبلغ طولها حوالي متر، مملوءة تماما بالزئبق، وعندما قلبها رأسا على عقب في إناء مملوء



(شكل ١) البارومتر الزئبقي لتورشيلي

بالزئبق، وجـد أن سطح الزئبق إنخفض في الأنبـوبة إلى مسـتوى محـدد، يعلوه في الأنبوبة فراغ، سمي فـراغ تورشيلي، وهو فراغ تام ماعدا كمية ضـئيلة يمكن إهمالها من بخار الزئبق.

وجـد تورشـيلي أن إرتفـاع عـمـود الزئبق الرأسي داخل الأنبـوبة ثابتـا، قـدره ٧٦ر٠متـر، من سطح الزئبق في الإناء خارج الأنبوبة والمعـرض للهواء الجوي مهـما يغـير مـيل الأنبوبة. وهـذا يعني أن الضغط الجـوي يكافئ الضـغط الناشئ من وزن عمود من الزئبق بإرتفاع ٧٦ر٠متر بمساحة مقطعية قدرها متر مربع.

وقد بينت التجارب بعد ذلك أن معدل الـضغط الجوي وهو الضغط مقاسا عند سطح البحر، عند درجـة حرارة الصفر المئوي، يكافئ وزن عمـود من الزئبق إرتفاعه ٧٦ر٠ متر من مـستوى سطح البحر، وبمساحـة مقطعية قدرها متـر مربع، عند درجة الصفر المئوي. وتصل قيـمة معدل الضغط ١,٠١٣ × ١٠° نيوتن/ متر مربع، وهي حاصل ضرب ارتفاع عمود الزئبق ×كثافته عند درجة الصفر المئوي × عجلة الجاذبية الأرضية.

وتتعدد أسـماء وحدات تمييـز الضغط الجوي، نذكر منهـا الوحدة باسكال وهي مكافئة للوحدة نيـوتن/ متر مربع، وعلية فإن مـعدل الضغط يساوي ١٫٠١٣ × ١٠° باسكال. كذلك تسـتعمل الوحـدة بار وهي تساوي ١٠° نيوتن/ مـتر مـربع، وعليه يكون معدل الصغط ١٫٠١٣ بار.

مما سبق نرى أن الضغط الجوي يتوقف على عوامل متـعددة، سنذكرها فيما بعد بالتفـصيل في الفـصول التـالية، منهـا درجة الحرارة، والإرتفـاع عن سطح الأرض، وعجلة الجاذبية الأرضية، وكلها عوامل متـغيرة بتغير المكان، ولذلك تختلف وتتباين قيمة الضغط الجوي من مكان إلى آخر فوق سطح الأرض.

الرياح هي تحركات طبيعية للهواء في الاتجاه الأفقي بالقرب من سطح الأرض، وأيضا في طبقات الجو العليا. ويتوقف إتجاه هبوب الرياح على تغير قيمة الضغط الجوي فوق الأماكن المختلفة على سطح الأرض. وتتغير قيمة الضغط الجوي أفقيا، كما تتغير رأسيا. وعندما تتباين قيمة الضغط أفقيا، يكون هناك ميلا للغلاف الجوي أن يتحرك أفقيا إلى أن تصل حالة التوازن الديناميكي في الضغط والكثافة. ويسبب دوران الأرض قوى تحرف الحركة، تتوقف عندما تتوازن هذه القوى مع قوة معدل التغير في الضغط.

وكما أن الماء ينساب إلي أسفل التلال، كذلك ينساب الهواء دائما من مساحات الضغط المرتفع إلى أي من الأماكن ذات الضغط الجوي المنخفض. هذا التحرك بغية التوازن الديناميكي في الضغط وتوزيع الكثافة هو أساس هبوب الرياح بكافة أنواعها، سواء من الهاريكان الأكبر فوق البحار إلى أصغر زوبعة ترابية في الصحارى أو الدوامات القطبية.

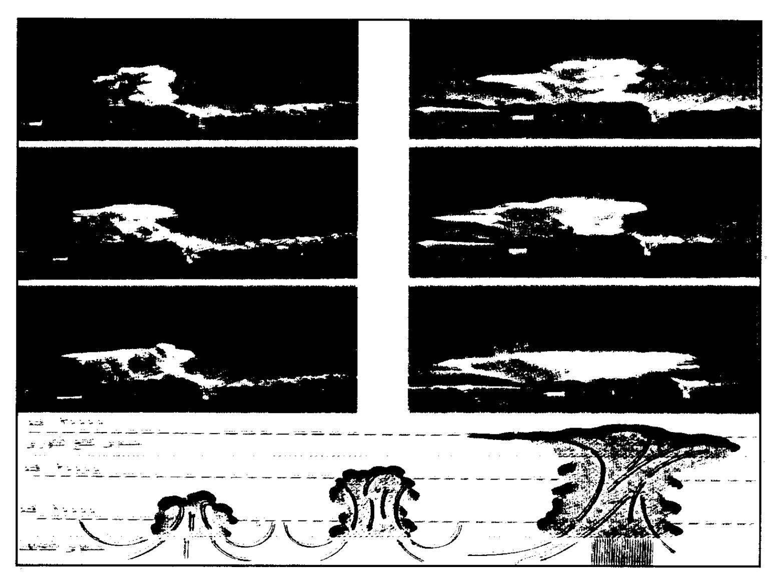
والرياح مختلفة في مهابها، وتهب من جميع الإتجاهات، شرقية، وغربية، وشمالية، وجنوبية، أو فيما بين هذه الاتجاهات. وقد سمى العرب بعضها شامية تأتي من الجنوب، وصبا وهي الشرقية التي تصدم وجه الكعبة المشرفة، ودبورا وهي غربية تنفذ من ناحية دبر الكعبة المشرفة. كذلك تكون الرياح برية، وبحرية، وأيضا ليلية ونهارية.

وتسوق الرياح السحب ثقالا متراكمة من جهة البحر، مسودة من كثرة ما فيها من الماء، ونراها مدلهمة ثقيلة وقريبة من سطح الأرض، وينزل المطر، يخرج من بين تلك السحب، فإذا أصاب المطر أرضا نراها تهتز، وتربو بعدما كانت هامدة لا نبات فيها ولا شئ. فإذا أصاب الناس فإنهم يفرحون بنزوله عليهم ووصوله إليهم، ويستبشرون به لحاجتهم إليه لشربهم، وري زروعهم، وتغذية أنعامهم.

وتأتي الرياح تارة بالرحمة، يطلق عليها العرب الناشرات والمنشرات، والمرسلات، والذاريات، وهي رياح طيبة، لينة في حركتها، وتغذي النبات، وأبدان الإنسان والحيوان، تأتي مبشرة بين يدي السحاب، تهب من ناحية البحر، أو من أي مكان آخر، تحمل الندى، فتمجه في السحاب الكائن بمكان ما، وتنميه، وتكثر فيه كمية الماء، وترى السحابة في رأي العين مثل الترس، ثم تعمل الرياح على بسط السحابة حتى تملأ أرجاء الأفق، وتسقط الأمطار مسببة الخير والنماء (شكل٢).

وتتباين سرعة الرياح تباينا كبيرا، منها ما يهب لطيفا تلطف الجو، وترطب الزرع، ومنها ما هو غذاء للأرواح والأجساد، تلين عليها الجلود وتلذ لها الأنفس. وعلى الوجه الآخر، قد تزيد سرعتها عن عشرات الكيلومترات في الساعة مسببة العواصف والدوامات الهوائيى، فتنشر الدمار سواءا في البر أو البحر. وحينئذ يطلق العرب عليها العقيم، والصرصر عندما تهب في القارات، والقاصف، والعاصف عندما تهب في البحار. وهي ريح عنيفة، تفسد ما تمر عليه، لا يأتي منها نفعا، فإما تعمل على تفريق السحب فلا تتجمع فيها المياه، وتصرفها عن موقعها إلى مكان آخر، فلا تحيي أرضا، ولا تنبت شجرا أو زرعا، أو أنها تزيد من ثقل السحاب وتسوده للزيادة البالغة بما تضيفة إليه من ماء كثيف، وتصبح نقمة بالغة، وينهمر السحاب سيولا رهيبة، فيها عذاب اليم، تدمر كل شئ، وتهلك كل ما تمر به من حيوان ونبات.

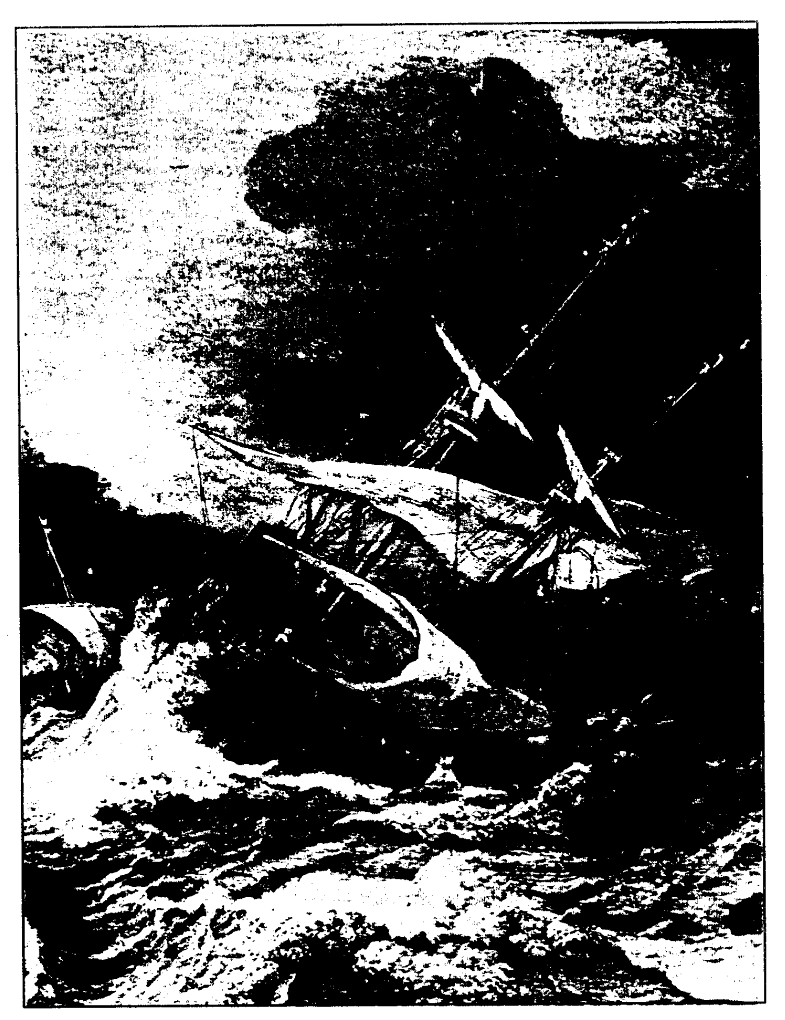
وقد تزيد سرعة هذه الريح زيادة كبيرة، فتقوى، وتتعاظم، وتصبح أعاصير هوجاء، ماتذر من شئ تمر عليه إلا تجعله كالرميم، فتدمر بقوتها البلاد، وتقتلع الأشجار، وتقذف بالناس أو حتى البيوت في الهواء وتجفف النبات أو تهلكه، ولا تترك ورائها إلا الدمار والخراب (شكل ٣)، كذلك تدمر السفن والمراكب في البحار (شكل ٤).



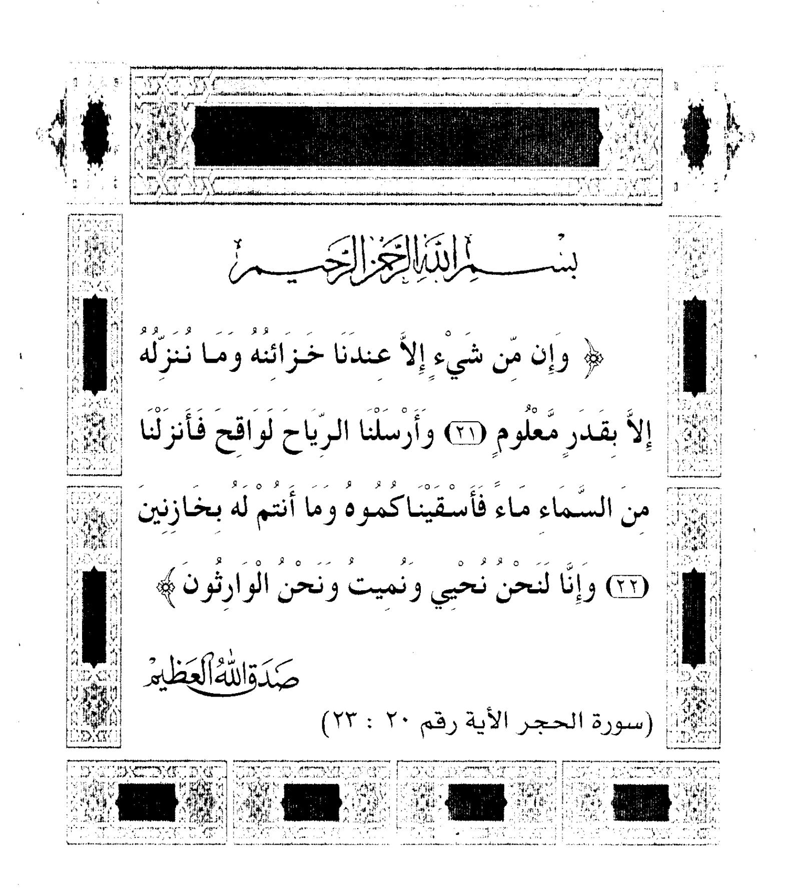
(شكل ٢) صورة توضح بعض مراحل تطور سحابة وانتشارها



(شكل ٣) إعصار تـورنادو شديد وإنخفاض حاد فى درجـة الحرارة ، حطام المنازل ، ونثر أأنقاض لأميال عديدة .



(شكل ٤) سفن أوشكت على الغرق بسبب عاصفة هوجاء .



بسم الله الرحمن الرحيم

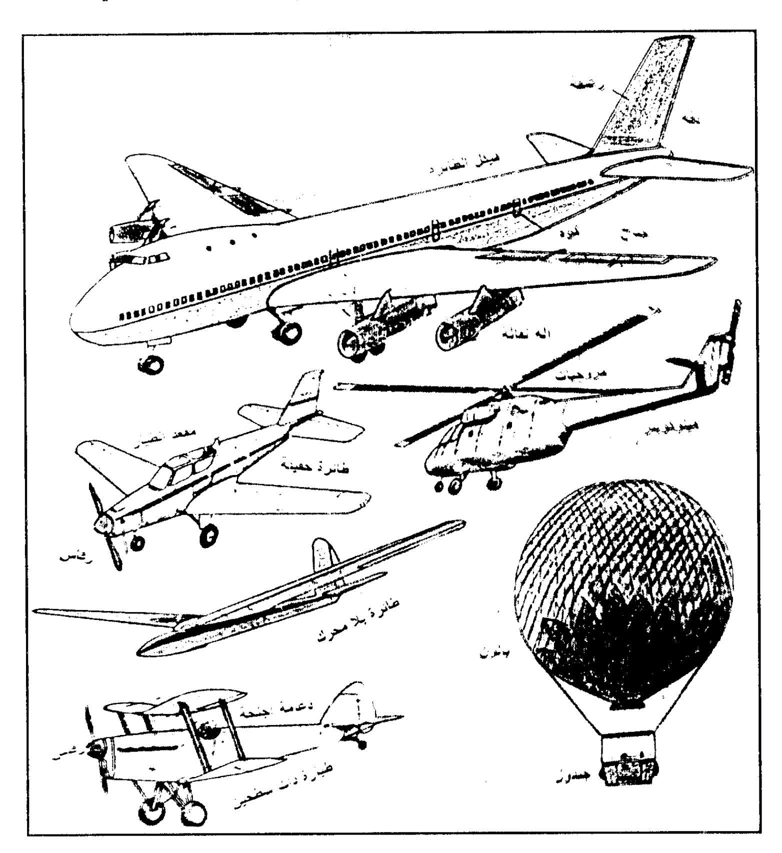
﴿ وَإِن مِّن شَيْءٍ إِلاَّ عِندَنَا خَزَائِنُهُ وَمَا نُنَزِّلُهُ
إِلاَّ بِقَدَرٍ مَّعْلُومٍ (٢١) وَأَرْسَلْنَا الرِّيَاحَ لَوَاقِحَ فَأَنزَلْنَا
مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَسْقَيْنَاكُمُوهُ وَمَا أَنتُمْ لَهُ بِخَازِنِينَ
(٢٢) وَإِنَّا لَنَحْنُ نُحْيِي وَنُمِيتُ وَنَحْنُ الْوَارِثُونَ ﴾

صدق الله العظيم

(سورة الحجر الأية رقم ٢٠ : ٢٣)

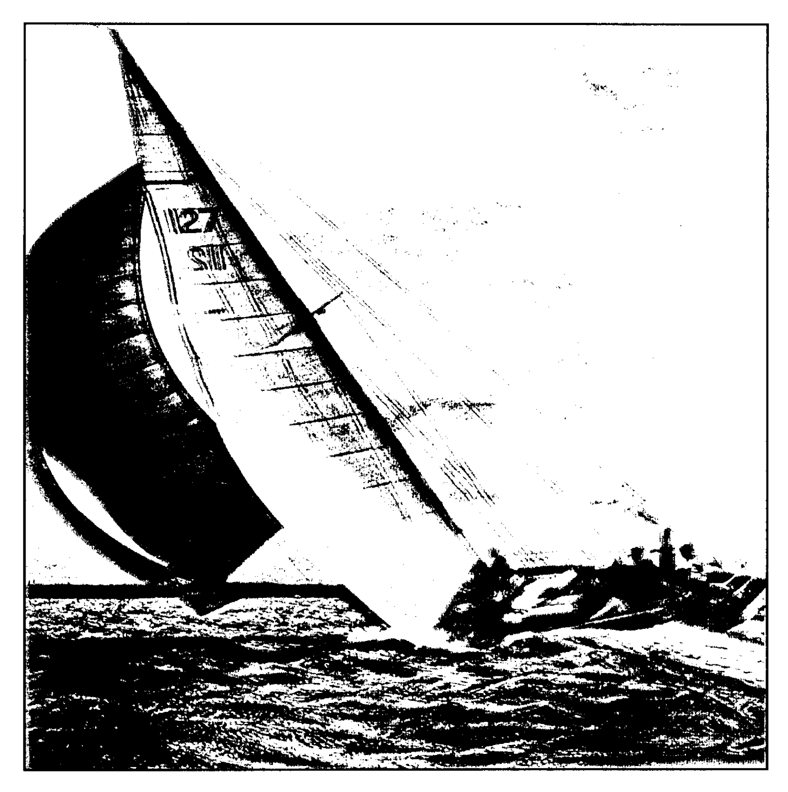
أهميـة الريـاح:

رأينا في الفصل السابق أهمية الرياح في تكثير السحاب بالماء وتسييره من مكان إلى آخر فيسقط مطرا يحي الأرض، وينمي الحياة، ويسعد الإنسان. ولا تتوقف أهمية الرياح عند هذا الحد، بل نجد آثارها البالغة في حركة النقل سواء في البحر أو



(شكـل ٥) الـطـائـرات .

الجو، فالرياح كانت ولا تزال من أهم القوى المحركة للمراكب الشراعية، ونحن نلمس هذه الأهمية في مصر، فمنذ خمسة آلاف سنة وحتى الآن يستخدم المصريون الأشرعة في تحريك مراكبهم الشراعية ضد اتجاه التيار في مجرى نهر النيل (شكل١٤). ولا يخفى علينا فائدة الانتقال سواء بالطائرات (شكل ٥)، أو السفن

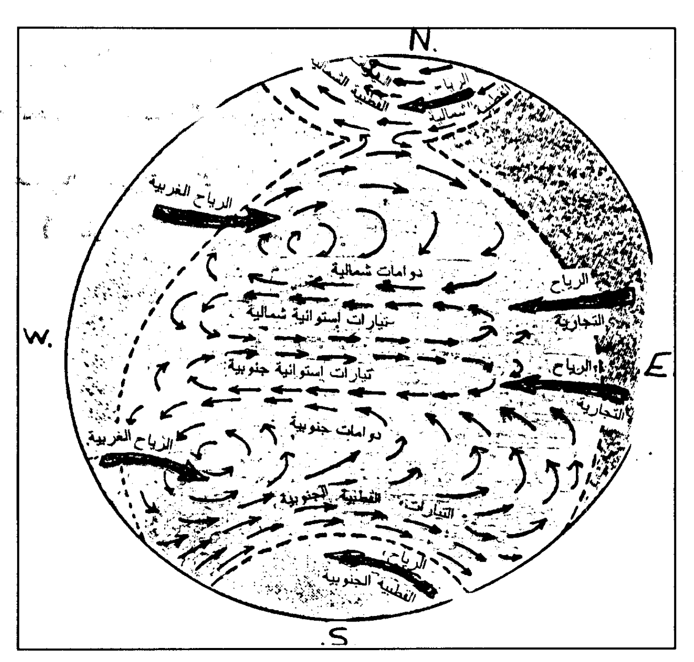


(شكل ٦) الهواء يملأ شراع يخت كشاهد على حركة الهواء .

(شكل ٦)، على البشر من تبادل المعلومات، ونقل الخبرات، والإنتفاع المتبادل بخبرات الأماكن المختلفة على مستوى الكرة الأرضية. أهمية أخرى تقوم بها الرياح تكمن في تلقيح الأشجار، والنباتات، والأزهار، بنقل حبوب اللقاح فيما بينها، فتتفتح عن أوراقها، وتأتي بثمارها، ويبقى نوعها على مر العصور، تثير البهجة في النفوس وتغذي الإنسان والحيوان. كما نلمس دور الرياح في التجفيف وأهمية ذلك لحياتنا اليومية. كذلك اتجهت الأنظار الآن إلى الرياح، ويجري الآن العمل على استغلالها كمصدر جديد متجدد للطاقة سواء للأماكن المعمورة والمنعزلة علي السواء، وسنفرد النصف الثاني من هذا الكتيب لشرح استغلال الرياح في الحصول على طاقة نظيفة جديدة ومتجددة.

كذلك ترتبط الأمواج في المحيطات وانجراف التيارات البحرية (شكل ٧)، وحالة البحار، بحركة وشدة الرياح القريبة عن سطح الأرض ارتباطا وثيقا. أيضا موجات المد والجذر، التي تتحرك في نفس اتجاه الرياح السائدة مما يسبب ضخامتها بالنسبة للمد والجذر العادي، هي وليدة تراكم قوى الريح السطحية في الهيريكان. أيضا العواصف الترابية، والعواصف الرملية ما هي إلا حصيلة لفعل الريح. هذا بالإضافة إلى أن تحرك الكثبان الرملية، وزحف الصحراء المستمر على المساحات الخضراء، والتغير في طبوغرافية الصحراء نفسها تعود كلها إلى تأثير الرياح. والرياح تعتبر عامل جيولوجي أساسي لكل ظواهر التعرية والتراكم والنحت ونقل الشواهد من مكان إلى آخر.

وبالرغم من أن الريح تصطنع تهديدا خطيرا في حرائق الغابات، وكابلات القوى المعلقة، إلا أنها تستخدم كمؤشرات مفيدة للحالة الجوية المقبلة. أيضا بالرغم أن الريح العاتية الجبلية قد تكون ركاما ثلجيا ضخما قد يسد الطرق، ويعيق حركة



(شكل ٧) شكل توضيحي يربط بين الرياح السائدة وتيارات المحيط لكل من المحيط الأطلنطي والمحيط الباسيفيكي.

الاتصالات، ويهدد الحياة، إلا أنها تعمل أيضا كما لو كانت آكلة للثلج، تنقذ العالم من فيضانات مدمرة.

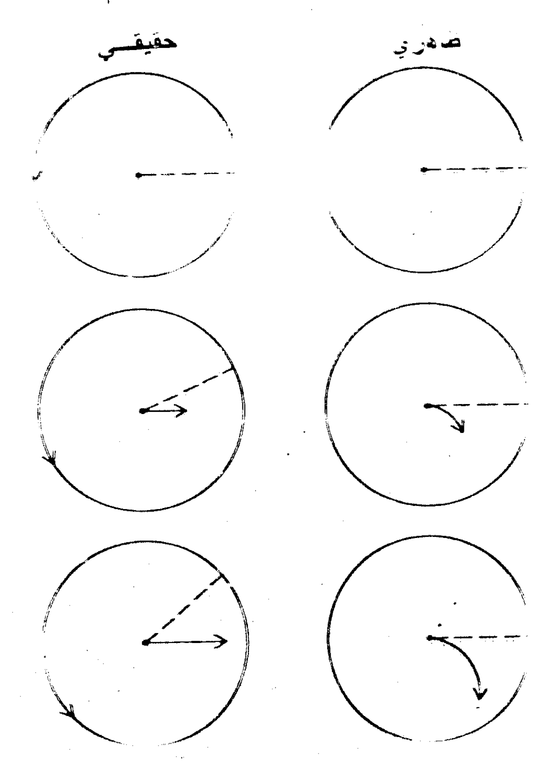
نشأة الرياح والظواهر الجوية:

تنشأ الرياح الطارئة كنتيجة لانسياب الهواء طبقا لنظم مناطق الضغط العالي والضغط المنخفض الطارئة على الغلاف الجوي للأرض على المدى العريض. وتتعدل هذه النظم وتتأثر بكل من (١) دوران الكرة الأرضية، (٢) والاحتكاك مع سطح الأرض، (٣) والعوامل المحلية للحرارة وتيارات الحمل الحرارية، (٤)

وتحركـات صدر الموجة (٥) وطبـيعة وطبوغـرافية سطح الأرض. وحـيث أن أنظمة الضغط تتحرك فوق سطح الأرض، فإن سرعة الرياح المحلية تتغير تبعا لذلك.

وتعمل ثلاث قوى في كل نظام للضغط الجوي: أولها قوة حقيقية في كل حالة، والاثنتان الأخرتان مؤثرتان ولكن بتأثير غرار فيزيائيا (قوى ظاهرية).

ففي الزوابع المنخفضة: (١) يؤثر التباين الضغطي قطريا إلى الداخل، (٢) القوة المركزية الطاردة تؤثر إلى الخارج، (٣) القـوة كوريوليس (شكل ٨) تؤثر إلى الخارج

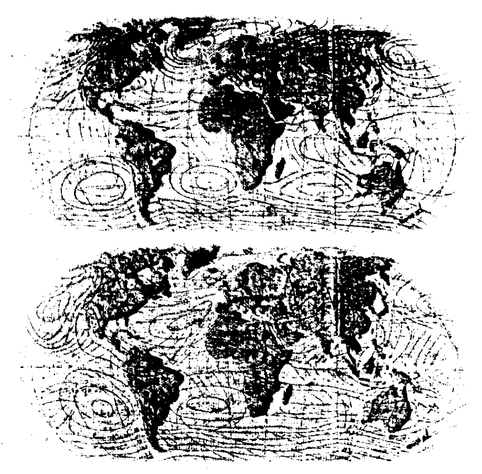


(شكـل ٨) قـوة كـوريـوليـس .

وهذه الأخيرة قوة ظاهرية، تظهر كما لو كانت مؤثرة عموديا على ممر جسم متحرك بالنسبة لجسم دوار مثل الأرض، لذلك تتعرض الرياح والتيارات المحيطية لقوة كوريوليس.

وفي حالة ا لزوابع العالية: (١) يؤثر التباين الضغطي قطريا إلى الخارج (٢) القوة المركزية الطاردة تؤثر إلى الخارج، (٣) القوة كوريوليس تؤثر إلى الداخل. وتسري هذه العلاقات في نصف الكرة الأرضية الشمالي.

وتكون النتيجة النهائية هي التوازن بين هذه القوى المؤثرة المختلفة. وإذا أهملت تأثيرات الاحتكاك مع السطح، فإن الرياح تتحرك موازية لخطوط تساوي الضغط للخريطة الجوية (شكل ٩) إما في نظم دائرية مقفلة ضد عقارب الساعة من جهة المنخفض، أو في اتجاه عقارب الساعة من جهة المرتفع، أو في الاتجاهات الملازمة للحركة عبر الأحواض المفتوحة والمرتفعات.



(شكل ٩) خريطتان تبينان الهيئة العامة لتوزيع الضغط الجوى والرياح خلال يناير ويوليو خطوط تساوى الضغط بالخطوط السوداء ، وإتجاه الرياح بالأسهم الحمراء.

وتتعين علاقة أنظمة الضغط المتنقل مع الرياح التي تولدها من قانون بايزبولت :
"إذا أعطيت ظهرك للرياح المتباينة في نصف الكرة الشمالي فإن الضغط العالي يقع علي يمينك، والضغط المنخفض علي يسارك". وكعلاقة لتباين الضغط الكائن، فإن سرعة الرياح دائما أعلى عندما تتقارب وتتكاثف خطوط تساوي الضغط حول منخفض جوي، وهادئة في مركز نظام ضغط عالي.

عند سطح الأرض ينتج عن الاحتكاك بين الرياح والسطح نقصان في سرعة الرياح، وكذلك تدور الرياح عبر خطوط تساوي الضغط نحو مناطق الضغط المنخفض، وزاوية الانحراف إلى الداخل تتراوح بين ٣٠ درجة ، ٤٠ درجة فوق اليابسة، وحوالي ٢٠ درجة فوق البحار.

رياح طبقات الغلاف الجوي المنخفضة:

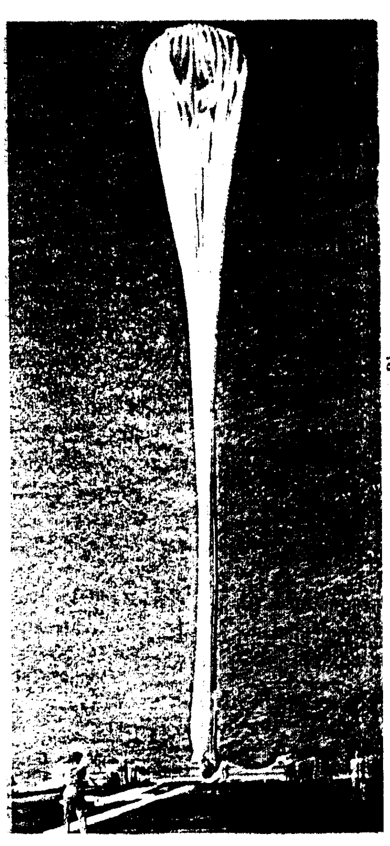
تتأثر حركة الرياح في طبقات الغلاف الجوي المنخفضة بكل من قوى الاحتكاك مع الأرض، وأيضا بالتحركات الغير منتظمة الناتجة بواسطة العوامل الحرارية والميكانيكية. ويمتد تأثير قوى الإحتكاك بين الهواء وسطح الأرض من السطح حتى ارتفاع حوالي ٧٠٠ متر فوق سطح الأرض، أما فوق ذلك لا يغير هذا الاحتكاك من حالة الرياح عادة. وحينئذ تتحرك طبقا لتباين أو تدرج قيمة الضغط الجوي من الضغط العالي إلى الضغط المنخفض، ولذلك يطلق على هذه الرياح بالرياح المتباينة أو الرياح المتدرجة.

لو كانت الرياح تتحرك منتظمة فوق أرض ناعمة، أو سطح مياه منبسطة، فإنها عادة تغير إتجاهها مع الإرتفاع بطريقة حلزونية، وبهذا التغير الحلزوني تدور الرياح في إتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الأرضية الشمالي مع الإرتفاع عن سطح الأرض حتى مستوى الرياح المتباينه، حيث تتوجه فجائيا إلى إتجاهات

أخـرى، وتزداد سرعـة الرياح، زيادة ملحوظة مع الإرتفاع حتى تصل إلـى المستوى المتبـاين، حيــث تزداد إذا كـانت المسـافـات بين خطوط تسـاوي الضـغط عند هذا المسـتوى قلـيلة، بينمـا تتناقص إذا إزدادت المسـافات بين خطوط تـساوي الضـغط. ويكون إتجاه الرياح مواز لإتجـاه خطوط تساوي الضغط عند أو فوق مستـوى التباين. وعندمـا تكون خطوط تسـاوي الضـغط بالمسـتـويات العليـا خطيـة تقـريبـا، وقـوى الكـوريوليس الناتجـة عن حـركة الرياح على امـتـداد خطوط تساوي الضـغط توازن تباين الضـغـط، تسمى هنا الرياح المتبـاينة باسم جيـوستروفـيك، وإذا كانت خطوط تسـاوي الضـغط منحـنيـة، ويصبـح للـقـوة المركـزية الطاردة دورا مؤثرا فـتسـمى الرياح المتـبـاينة بـإسم سـيكلوسـتـروفـيـك. وتوجـد عـلاقــة تربط بين ســرعـة الجيـوستروفـيك وكثـافة الهواء، وتبـاين الضغط (أفقـيا)، والسـرعة الزاوية لدوران الأرض، وخط عرض المكان.

رياح طبقات الغلاف الجوي العليا:

بينت أرصاد الرياح باستـخدام البالونات التي تطلقها مـحطات الأرصاد الجوية (شكل ١٠) أن سرعة الرياح تـزداد بــإزدياد الإرتفاع في طبقة التروبوسـفير، وهي طبـقـة تمتد إلـى حوالي ١٠ كـيلومـتـرات عند القطب وإلى ١٦ كـيلومـتـر فــوق الإستواء من سطح الأرض، ثم تنخفض السرعة في أسفل طبقة الستراتوسفير وهي طبــقة تمتد من طبقـة التروبوسفير حتى إرتفـاع ٥٠ كـيلو متر فوق ســطح الأرض. وعند إرتفـاعات أعــلى في السـتراتوسـفـير قـد تبلغ سـرعة الرياح ٢٠٠ مـيل في الساعة، بينمـا سجلت ســرعات ٢٥٠ ميل في السـاعة في المجاري النفاثة المتـغيرة. وعلى كل فـقـد رصـدت حـالات هدوء تام وقـتـيـة عند إرتفـاعـات عــاليـة في الستراتوسفير. وتوجد تغـيـرات أخرى في سرعة الريــاح مع الإرتفــاع تعزي إلى



(شكل ١٠) إطلاق بالون يحمل أجهزة لقياس بيانات الأرصاد الجوية.

وجود نظم ضغط مرتفع وضغط منخفض في طبقات الجو العليا، والخصائص الحرارية التي تلازم هذه النظم.

الرياح السائدة في الغلاف الجوي

توضح الخريطة (شكل ١١) الرياح السائدة الناتجة عن دوران الغلاف الجوي على المستوى الكبير وتشمل هذه الرياح الغربية والتجارية والقطبية. وسيأتي تفصيل هذه الرياح فيما بعد.

تأثير الجبال على الرياح:

للجبال تأثيرات ميكانيكية على الرياح تتمثل في توليد الدوامات عند أوجهها المقابلة للرياح التي تهب على قممها، وكذلك تحديد مسارات الرياح التي تنساب أسفل جوانبها. وترجع الزيادة المهولة في شدة الرياح وكذلك الأعاصير والزوابع لكل من السببين.

ولكتلة الهواء المرغمة على الصعود بسبب الجبل، ومع الإنسياب إلى أسفل الناشئ على الوجه المقابل للرياح تأثير آخر هام. فعلى جانب الجبل المواجه للرياح تتمدد كتلة الهواء الرطب الصاعدة، وتبرد (مع ثبات كمية الحرارة فيها) بمعدل التغير المكظوم (أي بثبات كمية الحرارة) بقدر ٢٫٢٥ درجة فهرنهيت لكل ١٠٠٠ قدم، فتتكثف الرطوبة من الهواء، وتتكون السحب. أما الهواء الجاف الهابط على وجه الجبل المقابل للرياح فإنه يسخن بمعدل ٥٫٥ درجة فهرنهيت لكل ١٠٠٠ قدم هبوطا، وهذا أعلى من أن يكافئ البرودة المكظومة التي تتولد في الصعود، ونظرا لذلك الفرق ينتج إرتفاع حاد في درجة حرارة الهواء الهابط على وجه الجبل المواجه للرياح، وتنخفض الرطوبة النسبية فجائيا (بقدر ٨٠ في المائة)، وتكون حارة جدا وجافة. ويطلق على هذه الرياح الجافة الهابطة، والتي تولدت لهذا السبب رياح كاتاباتك أو فوهين.

تأثيرات التوصيل الحراري بالحمل:

يتسبب تسخين كتلة من الهواء عند سطح الأرض بواسطة الإشعاع الشمسي أن تتمدد هذه الكتلة، فتقل كثافتها، ولذا تصعد إلى أعلى، ونظرا لصعودها في وسط أبرد من درجة حرارتها، فإنها تبرد بالإشعاع، فتتكثف وتكتسب كثافة أكبر. ونظرا لإكتسابها هذه الكثافة والأكبر من الوسط المحيط بها، فإنها تهبط مرة ثانية، وبذلك

ينشأ نظام دائري مقفل، عملية تعرف بالحمل. وتنتج تيارات الهواء القوية، وكذلك ما يسمى بالرياح الحرارية لهذا السبب.

رياح التحركات العنيفة الغير منتظمة:

تتميز تحركات الرياح في المئات القليلة من الأمتار من الغلاف الجوي الملاصق لسطح الأرض بالعنف الميكانيكي الناتج عن خشونة وعدم استواء السطح على المدى الكبير. وقد تنتج أنواع متعددة للريح العنيفة الأساسية نتيجة لكل من التأثيرات الميكانيكية والحرارية، وتصنف فيما بينها: بالدوامات، والنافورات الهوائية، والشلالات الهوائية، والتيارات السحابية، ومكسرات الهواء، والمخدات الهوائية، ومستويات الرياح، والعواصف، والريح العرمرم.

الرياح المحلية:

قد تتحد التأثيرات الحرارية مع المؤثرات الميكانيكية والجغرافية لخلق مجموعة كبيرة من الرياح المحلية موزعة توزيعا جغرافيا على المدى الكبير تسمى في ا للغة الدارجة بأسماء معروفة، وسنتكلم عنها بالتفصيل في الفصل التالي.

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالأَرْضِ وَاخْتِلافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْفُلْكِ الَّتِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ بِمَا يَنفَعُ النَّاسَ وَمَا أَنزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِن مَّاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا مِن كُلِّ دَابَّةٍ وَتَصْرِيفِ الرِّيَاحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالأَرْضِ لآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ (١٦٤) ﴾

صدق الله العظيم

(سورة البقرة الأية رقم ١٦٤)

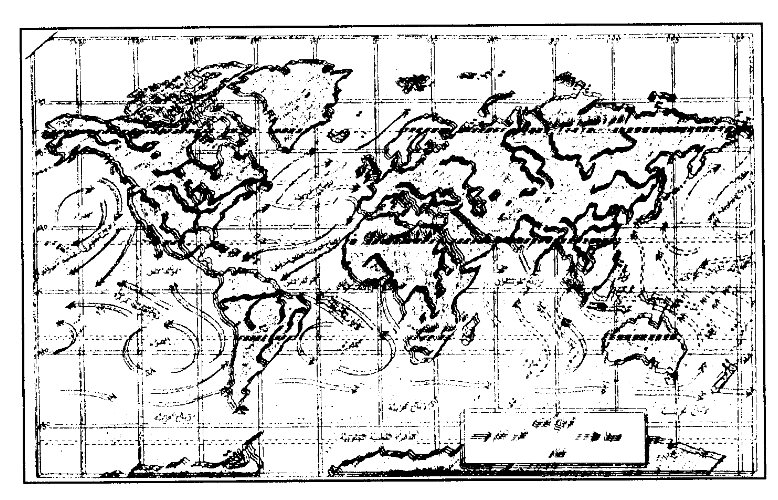


تصريف الرياح

رياح تتوقف على دوران الغلاف الجوي

وهي الرياح التي تنشأ نتيجة لدوران الغلاف الجوي (شكل ١١) نذكر منها الرياح القطبية الشرقية وهي رياح باردة تحدث شمال الدائرة القطبية الشمالية، وجنوب الدائرة القطبية الجنوبية، وتتولد نتيجة لغوص الهواء فوق القطبين، ومن ثم تتجه ناحية الإستواء.

والرياح الغربية، وهي رياح غربية قوية تحتل الحزام بين خطي عرض ٤٠ درجة، ٦٠ درجة شمالا وجنوبا، ومنها ما يحدث عند خط ٤٠ درجة جنوبا، وهي ريح شديدة جدا تعصف رياحا غربية باردة تجتاح كل ما يقابلها عبر مياه جنوب الباسفيك.



(شكل ١١) نظم الرياح الكبرى للعالم . توضح الأسهم المسار العادى التى تتخذها هذه الرياح.

والرياح التجارية، وهي رياح في الغالب شمالية شرقية في نصف الكرة الشمالي، وجنوبية شرقية في نصف الكرة الجنوبي. تهب في حزامين منفصلين فيما بين خطي عرض ٥ درجة، ٢٣ درجة تقريبا شمالا وجنوبا، وتكون عرضة لإزاحة موسمية لحوالي ١٠٠٠ ميل نحو القطب في الصيف لكل من نصفي الكرة الأرضية، وهي ظاهرة فوق الباسفيك خلال موسم الشتاء لكل من نصفي الكرة الأرضية، كما أنها رياح جافة، تنتج نتيجة لحركة الهواء في إتجاه الإستواء.

كما يوجد فيما بين منطقتي الرياح التجارية الحزام الضيق على جانبي خط الإستواء، الذي يمثل منطقة الهدوء الإستوائي، وتتولد الرياح في هذا الحزام نتيجة لصعود الهواء فوق الإستواء المرتفع الحرارة. والمناطق بين التجارية والغربية تتضمن حزامين يتميزين برياح هادئة، وأيضا برياح مختلفة ناتجة عن حركة الهواء من أعلى إلى أسفل.

المونسون:

وهي رياح تتميز بإنعكاس كامل في إتجاهها من الشتاء للصيف تبعا لنظام الضغط الغالب للمرتفعات والمنخفضات فوق المكان. ولكي تحدث المونسون (شكل ١١) لابد أن يتميز المكان بشتاء بارد وصيف دافئ. وتوجد رياح مونسون دائما خارج المناطق الإستوائية نظرا لعدم تواجد مساحات تتميز بتباين كبير للضغط الجوي هناك. ونذكر من المونسون، المونسون الشتوي حيث يولد الضغط الجوي العالي فوق المحيطات الباردة رياحا من البحر شمالية غربية فوق اليابان، وشمال الصين، ورياح شمالية على الساحل الصيني بين هونج كونج وشنغهاي. وهذه الرياح باردة جدا، وجافة جدا. وتحدث المونسون الشديدة بصفة خاصة في الشرق الأقصى لروسيا، فوق شمال الصين. وتتميز مونسون الشتاء فوق الهند باللطف والإتجاه الشمالي

الشرقي. والمونسون الصيفي : رياح متجهه إلى داخل القارات الساخنة، وهي رياح الموسم المطير الرطبة، ويلازمها سحب كثيفة في آسيا، واستراليا، والهند. وتهب أيضا رياح شبيهة في أسبانيا وفوق آسيا الصغرى.

الفوهيـن:

تتولد هذه الرياح عندما يصعد الهواء فوق الجبال، ثم عند هبوطه إلى الأسفل يسخن مكظوما (مع ثبات كمية الحرارة) ، منها على سبيل المثال لا الحصر، الفوهين في السويد والنرويج، والنمسا، وجنوب أفريقيا. ورياح الفوهين دافئة جدا، وجافة، وتهب من الجبال إلى الوديان المجاورة وإلى السهول وتحدث في كل فصول السنة. وهي شائعة في كل من السويد، وجبال الألب البافارية ومتلازمة مع السماء الصافية، وظروف رؤية جوية ممتازة، وذلك بالرغم من تكون حائط ضخم من السحب فوق قمم الجبال. وبصفة عامة تسود الظروف الملائمة للفوهين في أوروبا. ومنها أيضا ما يسمى شينوك بجبال روكي بالولايات المتحدة، وعندما تهب هذه الرياح قد ترتفع درجة الحرارة حتى درجة ١٠٠ فهرنهيت في خلال ساعات قليلة، وبذلك تمنع الفيضانات الربيعية، وتسمى حينئذ آكلة الثلوج. ومنها ما يسمى سانتا أنا بجنوب كاليفورنيا، وسنتربري جنوب نيوزيلندا، والفوهين المزدوج بالسواحل الشرقية والغربية لجرين لاند، وزندا جنوب شيلي، وباهوروك شرق الإنديز.

رياح نظام البورا (الرياح الساقطة)

تتولد هذه الرياح بفعل الجاذبية، أو رياح الكاتاباتك، تهبط من داخل القارات الباردة بعيدة عن الجبال المتوسطة الإرتفاع إلى السواحل الدافئة. ومنها على سبيل المثال لا الحصر بورا عبر البحر الأدرياتيكي إلى ألبانيا عبر البحر الأسود جنوب غرب جبال كوكاسيس. تهب من الجبال. ومن مميزات بورا: (١) مساحات ضغط

جوي مائي فوق بلاتو مغطى بالثلج في الشتاء، فيولد كتلة هواء كثيفة شديدة البرودة، تهب أخيرا على المرتفعات المجاورة. (٢) تهب الرياح تحت تأثير الجاذبية ناحية ساحل البحر الدافئ. ويكون هبوب الرياح في أشده في الصباح الباكر عندما يكون الهواء في أعلى كثافته وبرودته. (٣) تهبط الرياح حيث الجبال المتوسطة الإرتفاع، ومن ثم تصل إلى الشاطئ دافئة قليلا بالتضاغط المكظوم، ولذلك تكون جافة، ولكنها لا تزال أكثر برودة من هواء البحر الدافئ، ومنها مسترال بجنوب فرنسا، وسنو في النرويج، وليسادا بآلاسكا، وريفولي بإيطاليا، وسبركو بأسبانيا.

رياح مولدة بالإنتشار من المناطق الباردة:

من هذه الرياح على سبيل المثال تكساس (شرقية) في تكساس وسواحل الخليج، وهي رياح قوية شمالية، تولدت بواسطة إنتشار هواء القارة القطبية من ألاسكا أو كندا إلى السهول الكبيرة خلال فصل الشتاء، ويصاحبها جو سيء مرحلي يليه بسرعة سماء صافية، وإنخفاض في درجة الحرارة يؤدي إلى الصقيع في منتصف اليوم. ومنها أيضا ما تهب على خليج تيهوانتبيك بالمكسيك، وهي رياح شرقية، وتماثل تكساس شرقية تتولد من إختراق الهواء القطبي من ألاسكا أو كندا إلى المكسيك ووسط أمريكا. ومنها باباجايو تهب على خليج باباجايو شمال غرب ساحل كوستاريكا ومنها بوستر الجنوبية، أو بوستر الجنوبية الشرقية تهب على استراليا آتية من القطب الجنوبي. أيضا بابيرو على الأرجنتين، وأيضا نورايستر تهب على ساحل نيوانجلاند بالولايات المتحدة.

رياح مولدة بالإنتشار من المناطق الدافئة:

منها سيروكو تهب على فلسطين، وسوريا، وهي رياح شرقية تهب من الصحراء الغربية، وهي ساخنة، جافة، ومتربة. ومنها ما يسمى سيركو المعدلة، تهب

على شمال إفريقيا، وشرق أسبانيا، والبانيا، وبحر أونيان، وبالميرا، وشمال ساحل سيسلي، وهي ريح ساخنة آتيه من إقليم الصحراء الساخنة الجافة، ولكنها تتعدل بمرورها فوق مياه البحر الأبيض المتوسط الدافئة، ومن ثم، فهي دافئة جدا، وبنسبة رطوبة عاليه، ومتربه. وتكون جنوبية في فصل الشتاء، تهب من صحاري تتجه ناحية الساحل الشمالي لإفريقيا، وجنوب أوروبا، ويلازمها الدفئ. ومنها جارفي، تهب على جزر آجين، ومنها لفيتش، تهب على أسبانيا، وأيضا هارماتين تهب على ساحل إفريقيا الغربي، ومنها رياح الخماسين، تهب على مصر، وهي رياح ساخنة وجافة، عادة جنوبية أو جنوبية شرقية، وتهب من داخل الصحاري على الأقطار في الشمال، وهي ريح متربة وساخنة، ويلازمها إضطرابات جوية. ومنها أيضا شيبلي تهب على ليبيا من المناطق الساخنة.

رياح نتيجة تباين زائد في الضغط:

وهي رياح شمالية شرقية باردة جدا، وجافة، وشديدة القوة. منها بيز، تهب على سويسرا، وفرنسا، والألب الفرنسية خلال الشتاء. وتنشأ عندما يكون فرق الضغط كبير فيما بين شبه جزيرة البلقان والبحار المحيطة وبين الضغط المنخفض فوق البحر الأبيض المتوسط. ومنها كريفيتش، تهب على رومانيا والمجر، ومنها نيمير تهب على ترانسلفانيا، وأيضا كيسانا تهب على المجر ويوغوسلافيا.

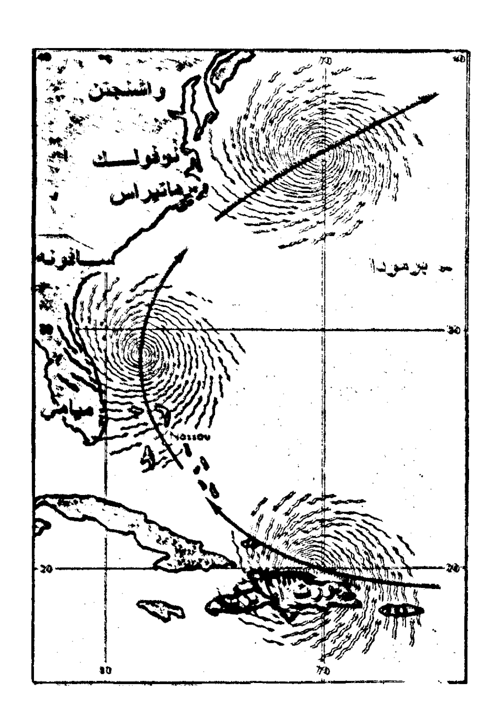
رياح نظام ايتيسيان:

منها الإيتيسيان، تهب على شرق البحر الأبيض المتوسط، وهي رياح شماليه، وشمالية غربية، تهب على جميع دول شرق البحر البيض المتوسط خلال الصيف. ومنها ماسترال وهو إسم إيطالي، وتهب على إيطاليا. ومنها ميلتيميا، تهب على اليونان، وهي رياح صيفية في الفترة من مايو حتى منتصف سبتمبر، تهب إلى مناطق

الضغط المنخـفض في الشرق الأوسط مثل أفـغانسان، وتستـمر لعدة أشهـر. ودائما قوية أثناء النهار وتخمد أثناء الليل.

العواصف المتولدة من الريح القوية.

منهـا السيكلون الإسـتوائيـه (المحيط الهـندي بين الهند وأفريقـيا) نظام ضـغط منخـفض، بتبـاين ضـعـيـف، وتـكون للـريـح اسـتـدارة قـويـة ضـد عـقـرب

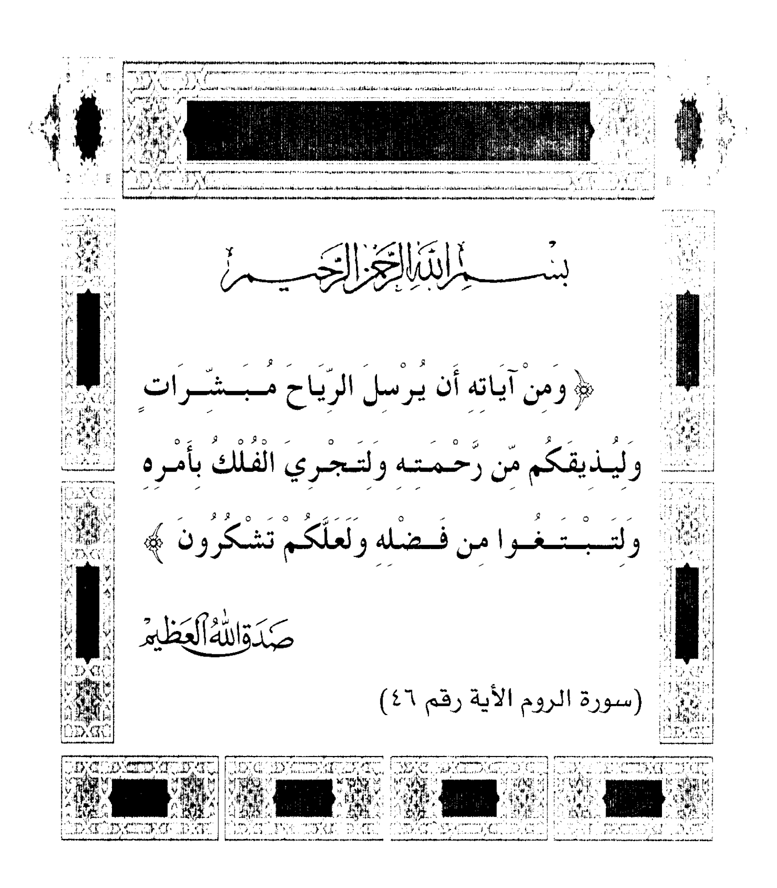


(شكـل ١٢) جرة ونظام ريح هوريكان نموذجى ، الريح رسـم طبقا لتوجهـها لحظيا فى مركز عاصفة سائرة .

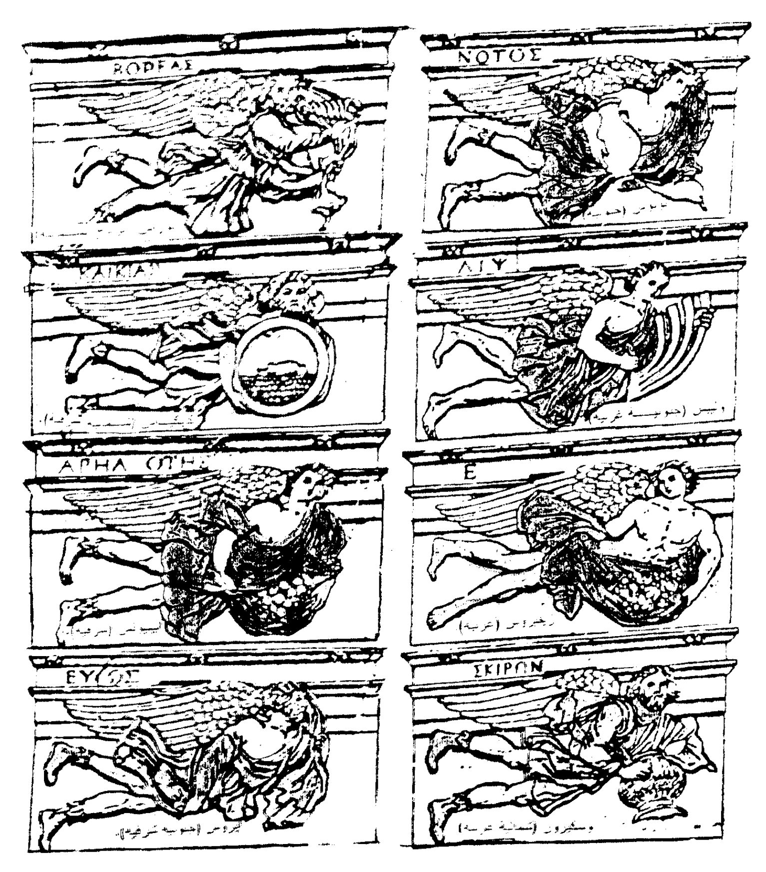
الساعة. ومنها الهوريكان (شكل ١٢) تحدث في خليج المكسيك والكاريبيان وخليج كاليفورنيا. وهي عواصف تماثل السيكلون الإستوائية، وتتولد في غرب الهند ويبلغ قطر العاصفة من ١٠٠ إلى ٢٠٠ ميل، وتتراوح سرعة الحركة من ٥ إلى ١٥ ميل في الساعة، وتصل سرعة الرياح إلى ١٥٠ ميل في الساعة. ومنها التايفون تحدث في غرب الباسفيك، وبحر الصين. ومنها الباجيو في جزر الفلبين. ومنها التورنادو في شمال السنغال، وغرب أفريقيا، وهي عواصف دارجة محليا مصحوبة بعواصف رعدية.

أيضا توجد في أمريكا يصاحبها أعاصير ورياح شديدة دوامية، قد تغطي مساحة قطرها فيما بين ٣٠٠ إلى ٣٠٠٠ قدم فوق اليابسة.

وتوجد أيضا في أماكن محلية متعددة في الكثير من الأماكن والأقطار مثل العربية السعودية، واستراليا، وروسيا، ووسط آسيا، والساحل الغربي للمكسيك، وساحل الهند، ومالطا، والبحر الأبيض المتوسط، وقبرص، والخليج الفارسي، وغرب أفريقيا، والسويد، وسيبريا، وفيما بين الأحمر الأسود والبحر الكاسبياني، وشمال برسيا، والعربية السعودية، وأفريقيا، وأسبانيا، وسومطره، ورأس الرجاء الصالح، وأسبانيا، والمكسيك، وشمال غرب استراليا.


بسم الله الرحمن الرحيم
﴿ وَمِنْ آيَاتِهِ أَن يُرْسِلَ الرِّيَاحَ مُبَشِّرَاتٍ
وَلِيُذِيقَكُم مِّن رَّحْمَتِهِ وَلِتَجْرِيَ الْفُلْكُ بِأَمْرِهِ
وَلِتَبْتَغُوا مِن فَضْلِهِ وَلَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ ﴾
صدق الله العظيم
(سورة الروم الأية رقم ٤٦)

يوضح (شكل ١٣) ثمانية أشكال تمثل الرياح عند الإغريق، منحوته على برج الرياح بأثينا، (مائة سنة قبل الميلاد). وهي يوراس (الرياح الشمالية)، وكايكياس (شمالية شرقية)، وأبيليوتس (شرقية)، وإيروس (جنوبية شرقية)، ونوتوس (جنوبية)، وليبس (جنوبية غربية)، وزيفيروس (غربية)، وسكيرون (شمالية غربية).



(شكل ١٣) ثمانية أشكال تمثل الرياح عند الإغريق.

لقد صاحب الرياح في القدم، وهي ضمن الظواهر الطبيعية، خليط من الخوف والإنبهار. ورغم ذلك فقد بدأ الإنسان منذ الحضارات المبكرة استخدام هذه الهدية المجانية السماوية. فمن المؤكد أن أصحاب العقول التقنية في العصر الحجري قد اكتشفوا أن نشر قطعة من جلد الحيوان على قائم يولد مقدرة على تسيير طوف أو قارب في الأنهار. وقد استخدم المصريون منذ خمسة آلاف سنة أشرعة أولية مصنوعة من القماش ساعدتهم في تسيير قواربهم ضد إتجاه التيار في مياه نهر النيل (شكل ١٤). ومنذ ذلك الحين استمر تطوير المراكب الشراعية حتى أواخر القرن التاسع عشر، حيث وجدت المراكب السريعة والآمنة ذات الأبعاد الممتدة، بنيت أولاً خصيصا كوسيلة للنقل السريع للشاي من الشرق الأقصى إلى إنجلترا.



(شكل ١٤) النيل واهرامات الجيزة .

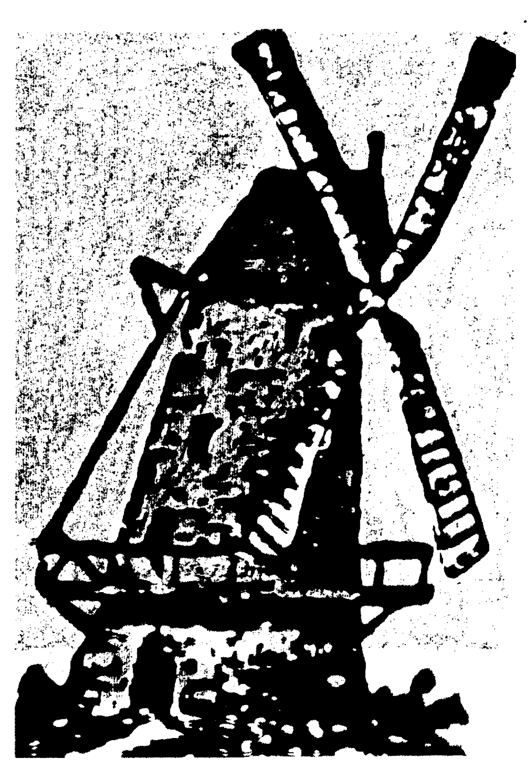
ولكن لم يثبت أن أحدا من المخترعين ا لقدامى قد فكر في تسخير الأشرعة لتحريك العدد والآلات، باستثناء ما قدمه العالم هيرو الذي عاش بالإسكندرية قبل الميلاد بفترة وجيزة، حيث استخدم طاحونة الهواء لتشغيل منفاخ أورج، ضمن اختراعاته العديدة من الأجهزة الأوتوماتيكية، التي كانت مصغرة، ولم تتعدى أن تكون نماذج صغيرة.

وقد تكون هناك بعض المحاولات المنفردة لاستعمال طاقة الرياح على الأرض. ويعتقد أن العرب هم الذين استخدموا طاحونة الهواء كمحرك أولي، ثم نقلوها إلى أوروبا حوالي ١٠٠٠ سنة بعد الميلاد. ومن المحتمل أن العرب قد اخذوا الفكرة عن الصينيين، الذين بنوا طاحونة هواء تدور أفقيا ومزودة بقطعة كبيرة من القماش على هيئة مستطيل، ومفرودة على دعامات من البامبو، وهي مازالت تشاهد في أجزاء من الصين، حيث تستعمل للري أو ضخ المياه لأعلى من الآبار العميقة. وقد تكون هذه الطواحين الهوائية أسهل في بنائها من الطواحين الهوائية الرأسية المألوفة لدينا الآن ، إلا أنها أقل كفاءة.

وتعتبر طواحين الهواء في الأساس تسخير أشرعة المراكب لإدارة الطواحين القديمة التي كان يتم تشغيلها في القدم بواسطة العبيد، ثم مؤخرا بواسطة الحيوان. وتعتبر أسبانيا، وقت تواجد العرب بها، أول الدول الأوروبية التي تميز منظرها العام بطواحين الهواء، حتى أن الفارس المهووس كويكوني قاد معركة حربية ضدها ظنا منه أنها عمالقة.

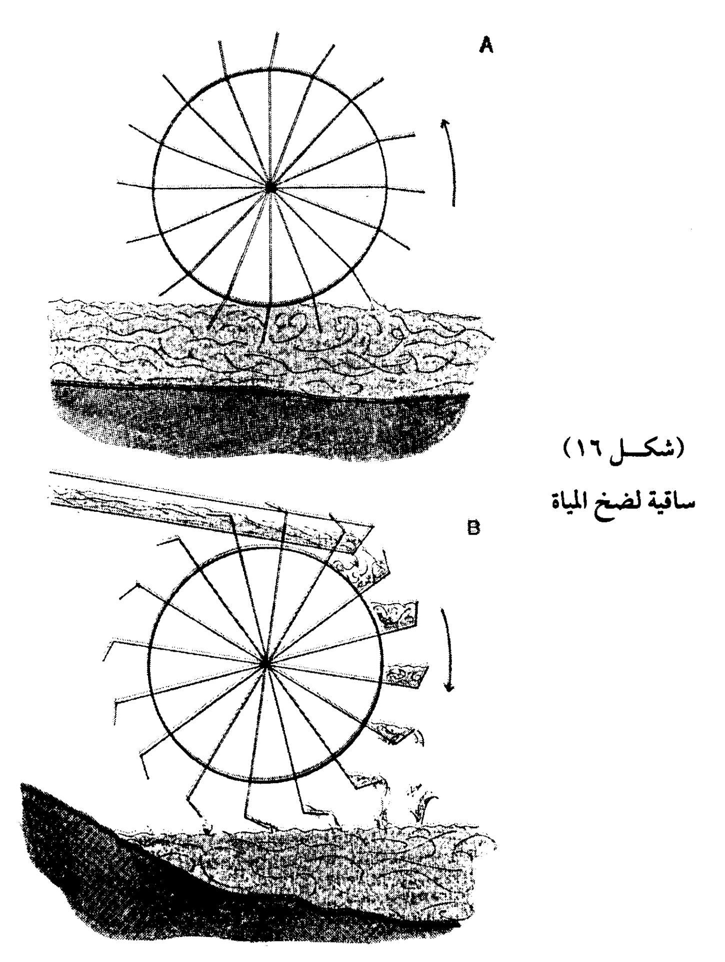
وفي إنجلترا، ترجع المراجع المبكرة لطواحين الهواء الموجودة في وثائق ترجع إلى القرن الثاني عشر أن طواحين الهواء كانت تشيد فقط لخدمة اللوردات في مقاطعاتهم. هذه الطواحين الهوائية المبكرة كانت من نوع طواحين الصواري المزودة بجسم مستند على عمود خشبي سميك، ويدور أعلاه الجزء الأعلى ليواجه الرياح، وكانت الأشرعة ملحقة إلى عريش من الخشب، أو من الحديد الزهر، حاملا عجلة كبيرة بتروس خشبية لتشغيل طاحونة الهواء الأفقية. وقد أستخدم العديد من طواحين الهواء لطحن الغلال، ولتفريغ المستنقعات من مياهها.

لقد طور مخترعون مجهولون تصميم طواحين الهواء في القرن الرابع عشر، بإضافة طواحين الأبراج المزودة بغطاء على القمة التي تحمل الأشرعة، والتي يمكن أن تدار لتواجه الرياح. وفي القرن الثامن عشر سجل مهندس إنجليزي إختراعه لجهاز يدير الغطاء حامل الأشرعة لمواجهة الرياح تلقائيا، وكان الغطاء مصنوعا من الخشب، ولكن جسم البرج عادة ما كان يبنى من الحجارة أو قوالب الطوب (شكل ١٥). وقد كان في انجلترا في العصور الوسطى حوالي ١٠٠٠٠ طاحونة هواء ومازال عدد منها موجودا حاليا في حالة تشغيل جيدة.



(شكل ١٥) جسم برج لطاحونة هواء بنى من قوالب الطوب .

وتعتبر هولندا من البلاد الكلاسيكية بالنسبة لطواحين الهواء، ونظرا لأن أراضيها منخفضة، حيث انتزع معظمها من البحر، كان صرف ورفع المياه إلى القنوات لأغراض الري تعتمد فقط على طواحين الهواء. وكانت طواحين الهواء الهولندية بأغطيتها مجهزة لتدور تلقائيا لمواجهة الرياح، بوضع عجلة هواء ثانوية



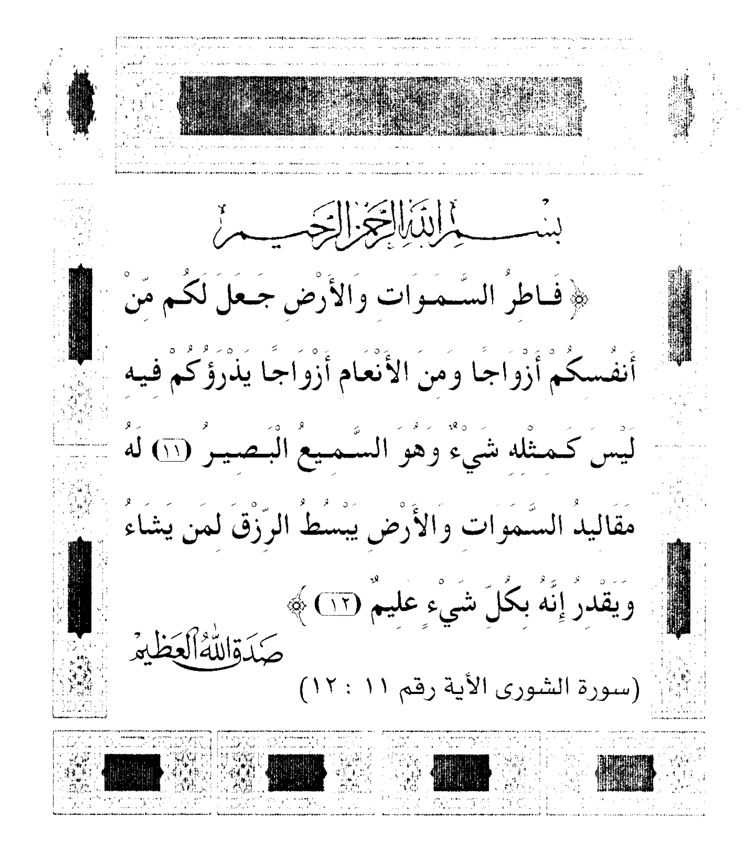
(شكل ١٦)
ساقية لضخ المياة



(شكـــل ١٧) صـف من أبراج طواحين الهـواء (ليــذر سندام بهـولندا) الـطاحـونة الأمامية لها الأشرعة ملفوفة على أذرعتها .

على عمود الأشرعة بزاوية قائمة على العجلة الأساسية، وبذلك تبدأ في اللف عندما تبدأ الرياح في تغيير إتجاهها، وحينئذ يعمل نظام العجلات الكبيرة بتروسها على إدارة كل الغطاء إلى أن تواجه الأشرعة الرياح مرة أخرى. ويوجد في قاع الطاحونة عجلة مجداف قصير، تغترف المياه وترفعها إلى المستوى الأعلى لتصبها في القنوات (شكل ١٦). ولقد كان لإحتفاظ الهولنديين بعدد كبير من طواحينهم الهوائية القديمة للإستخدام حكمة بالغة، فقد استخدموها أثناء أزمة البترول في سبعينات القرن العشرين، في حين أن الأقطار الأخرى استبدلوا طواحينهم الهوائية بآلات تدار بالبترول. والآن قد عادت طواحين الهواء في البلدان إلى الإستخدام، حيث انها تدار بمنبع طاقة مجاني (شكل ١٧) .

وطاحونة الهواء آلة تستخدم طاقة الرياح لتوليد القدرة. وقد استخدمت طواحين الهواء لتوليد قدرة ميكانيكية لبعض الأعمال منذ العصور الوسطى، مثل طحن الحبوب، أو ضخ المياه للري. ومازالت طواحين الهواء تستخدم كمنابع للقدرة في بعض البلاد النامية، ولكنها تلعب دورا صغيرا في الدول الصناعية. وأول طاحونة هواء استعملت كمنبع للقدرة الكهربائية بنيت في الدانمارك عام ١٩٨٠، ومنذ ذلك الحين استعملت المولدات التي تستخدم طاقة الرياح لتزود بيوتا ومزارع، على المستوى الفردي، بالطاقة الكهربائية، ولكن لم يتم إلا القليل لإستغلال طاقة الرياح لتعطيها قدرا مميزا لتوفي إحتياجات الطاقة.



بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ فَاطِرُ السَّمَوَاتِ وَالأَرْضِ جَعَلَ لَكُم مِّنْ أَنفُسِكُمْ أَزْوَاجًا وَمِنَ الأَنْعَامِ أَزْوَاجًا يَذْرَؤُكُمْ فِيهِ لَيْسَ كَمِثْلِهِ شَيْءٌ وَهُوَ السَّمِيعُ الْبَصِيرُ (١١) لَهُ مَقَالِيدُ السَّمَوَاتِ وَالأَرْضِ يَبْسُطُ الرِّزْقَ لِمَن يَشَاءُ وَيَقْدِرُ إِنَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ (١٢) ﴾

صدق الله العظيم

(سورة الشورى الأية رقم ١١ : ١٢)

منابع طاقة الرياح:

على عكس البترول والكربون، المعرضة للنفاذ، فإن الرياح تعتبر مصدر متجدد للطاقة. وقد بينت دراسات جامعة أوكلاهوما أن بناء أنظمة تستغل طاقة الرياح في البر والبحر في الولايات المتحدة الأمريكية سيتيح توليد طاقة كهربائية تقدر بحوالي ٥٤ر١×١٠^١٢ كيلوات ساعة سنويا، بما يعادل من ٥٪ إلى ١٠٪ من القدرة الكهربائية المطلوبة، والتي يلزمها ٢ر٢ بليون برميل من البترول سنويا لتوليدها. وهناك ثلاث مساحات تتمتع برياح قادرة على توليد الطاقة في الولايات المتحدة وهي الساحل الأطلنطي، والسهل العظيم وساحل الباسفيك.

كذلك سواحل المملكة المتحدة، وأماكن أخرى متعددة على مستوى العالم في أوروبا وآسيا وأفريقيا واستراليا، ومنها ساحلي البحر الأبيض والأحمر بمصر كلها أماكن تعد بتوفير المقدرة على إستغلال الرياح في هذه المناطق للحصول على الطاقة.

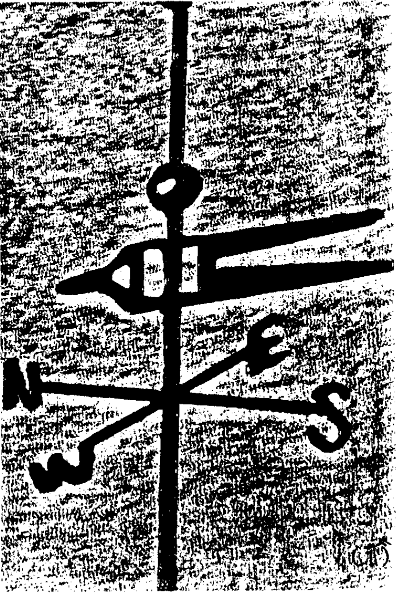
ويعتمد تصميم وتشغيل طاحونة الهواء على خصائص الرياح، لاسيما سرعة الرياح، والتغير في هذه السرعة وإتجاه الرياح، والتغير في هذا الإتجاه، وكذلك التحركات العنيفة والغير منتظمة للرياح، وإرتفاع الرياح فوق سطح الأرض، والمناطق التي تبلغ سرعة الرياح بها ٢٩-٤٠ كيلومتر في الساعة ويغلب عليها إتجاه ثابت للريح تعتبر مناطق ملائمة لإقامة طواحين الهواء. أما الرياح الخفيفة التي تبلغ سرعتها أقل من ٨ كيلومتر في الساعة لا تستطيع تشغيل طاحونة الهواء. ولكن الرياح الشديدة مثل الهوريكان، تعتبر شديدة الخطورة على سلامة تشغيل طاحونة الهواء. وهذه الريح تتسم بالتحركات الغير منتظمة، وشديدة العنف، وغير مفضلة إطلاقا لطواحين الهواء. ويغلب تواجدها بالقرب من سطح الأرض أكثر من

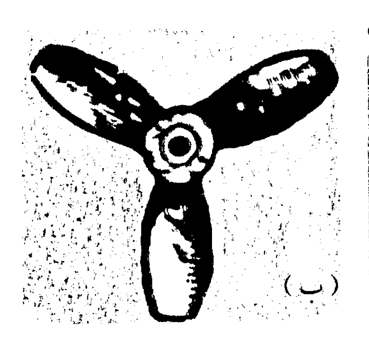
الأماكن العالية بسبب الإمـتدادات الأرضية الغير مستـوية، أو لعوامل أخرى تتسبب في عرقلة الإنسياب الناعم للهواء.

وعامة كلما زاد الارتفاع عن سطح الأرض التـي تهب فيها الرياح، كلما زادت سرعة الرياح، نتيجة لصغر قيمة الاحتكاك كلما زاد الإرتفاع عن سطح الأرض.

تصميـم طاحونـة الهـواء:

الملامح الأساسية لطاحونة الهـواء هو عنصر دوار يساق بواسطة الرياح. وعادة يحمل العنصر الدوار أشرعـة، أو يتكون من دورات هواء معدنية (شكل ١٨-أ)، أو من ريشتين أو أكثر برفاس، أي مثبتين إلي قضيب مركزي يدور بسرعة عالية (شكل ١٨-ب)، هذا بالإضـافة إلي تصـميـمات أخـرى تسـتعـمل لاستـخراج الطاقـة من الرياح. ويمكن أن تصنف كل طواحين الهـواء إلي صنفين هما: طاحـونة الهواء ذات المحور الأفـقي تشتـمل علي عامود (صـارية)، وبرج، ودورات هواء معـدنية، ونظام الرفـاس. والصنف الآخـر هو طاحـونة الهواء ذات المحـور الرأسي، تشتـمل علي طاحونة الهواء الفارسية، ومروحيات داربيس (مثل طائرات الهيلوكوبتر) (شكل ٥) ومروحيات - S (سيأتي ذكرها فيما بعد). في الصنف الأول يكون عريش العنصر الدوار أفقيا أو قريبا من الأفقي بينما في الصنف الثاني يكون رأسيا. ويجب أن تزود طاحونة الهواء ذات المحور الأفـقي ببعض الوسائل لمواجهة الرياح بغـية توليد أقصي قدرة، بينما تعمل طاحونة الهواء ذات المحور الرأسي بإستقلالية.





(شكل ١٨ «أ») دوارة هواء معدنية
(شكل ١٨ «ب») رفاس بثلاث ريش

تعريفات أساسية:

بنظرة إلي محاولات الإنسان المبكرة لتيسير حياته، نجد أنه أهتم بالدرجة الأولي إلي القدرات التي توفرها له الطبيعة. ويلزمنا للتعرف علي هذه القدرات أن نتطرق إلي بعض التعريفات المبسطة منها:

القوة: هي ذلك المؤثر الذي يغير من حالة الجسم، فتحركه من سكون، أو تغير من سرعته المنتظمة، وتميز القوة في النظام المتري متر. كجم/ ث^{٢} ، وتساوي عدديا حاصل ضرب كتلة الجسم بالكيلوجرامات في العجلة (معدل التغير في السرعة) التي يتحرك بها الجسم تحت تأثير هذه القوة.

الشغل: يقدر بحاصل ضرب القوة المحدثة للحركة في المسافة التي يسيرها الجسم وتمييزه متر^{2} كجم / ث^{2}.

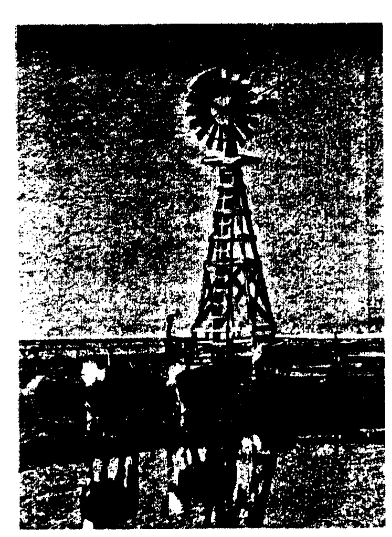
القدرة: هي المقدرة علي تحريك الأشياء، ويقيسها التقنيون العصريون بوحدات الشغل المبذول في وحدة الزمن، وعلي هذا المنوال يقاس إنجاز موتور سيارة بقدرة الحصان. وتساوى وحدة قدرة حصان ٧٥ متر كجم/ ث، بمعني أنها الشغل اللازم لرفع ٧٥ كيلو جرام لمسافة متر واحد في ثانية واحدة، أو هي الشغل اللازم لرفع كيلو جرام واحد لمسافة ٧٥ متر في ثانية واحدة.

الطاقة: هي المقدرة علي عمل الشغل، وهناك أشكال من الطاقة: مثل طاقة الوضع كما الحال في تخزين المياه، وطاقة الحركة في حركة سقوط المياه. وللطاقة أشكال كثيرة منها الطاقة الحرارية، والكيميائية، والإشعاعية، والكهربية، والذرية، وكلها تحتاج إلي وسائل ميكانيكية، أو خلافها لتتحول إلي قدرة. ومن المهم أن نميز بين الطاقة والقدرة، بالرغم من صعوبة ذلك في التكنولوجيا العصرية. والطاقة لا تصير قدرة إلا إذا أصبحت تحت السيطرة، وعندما استطاع الإنسان تسخير الطاقة لتعمل في خدمته، كان ذلك الخطوة الأولي في التطور التكنولوجي.

ومنذ أقل من قرن ونصف، لم يكن لدي العلماء دراية كاملة عن حقيقة الطاقة في الماضي، وأي دور لعبته في الطبيعة، إلي أن جاء العالم الألماني يوليوس روبرت ماير حيث جعل الأمر أكثر وضوحاً في مقالتيه اللتين نشرتا عام ١٨٤٠ عن بقاء وتحول الطاقة، كتب أن الطاقة لا تستحدث من العدم ولا يمكن أن تفني، ولكنها تتحول من شكل إلي آخر، علي سبيل المثال: تتحول طاقة الحركة إلي طاقة حرارية، وفي بداية القرن العشرين ذكر انشتين في نظريته النسبية أن المادة يمكن أن تتحول إلي طاقة وتحول المادة إلي طاقة ظهرت لأول مرة بواسطة القنبلة النووية، وتستعمل الآن باضطراد في محطات الطاقة النووية.

قدرة طاحونة الهواء وكفاءتها:

تتناسب القـدرة الداخلة إلي نظم طاحـونة الهـواء والكامنة في الرياح الضـاربة لطاحـونة الهواء مع مكعب سـرعة الـرياح (ع٣)، ومربع قطر العنصـر الدوار (ر٢) وكثافـة الهواء (ث). وتتوقف القدرة الخارجـة من طاحونة الهواء مع ع٢ ، ر٢،ث ، بالإضافة إلي عوامل ميكانية وهوائية أخـري. بالنسبة لطاحونة الهواء ذات الرفاس، تشـتمل هذه العـوامل علي زوايا الريش، ولوى (عـقص) الريش، ونسـبة مـساحـة الريشـة إلي المسـاحـة التي تكتنفـهـا الريش ، والزاوية بين الريـاح ومسـتـوى دوران الرفـاس، ونسبـة سـرعـة الرياح إلي سرعـة دوران الريش، ووزن الأجـزاء الدوارة. وتصل كـفـاءة طاحونة الهـواء ذات الرفـاس حـوالي ٤٠٪ ، ونظام داريبي المروحي ٤٠٪، Sالمروحي حـوالي ٣٠٪، وطاحونة الهـواء ذات الدورات الهوائيـة المتعـددة (شكل ١٩) تتـراوح كـفـاءتهـا من ١٥٪ إلي ٣٠٪، و طاحـونة الهـواء الهـولندية تتراوح كفاءتها من ٥٪ إلي ١٥٪.



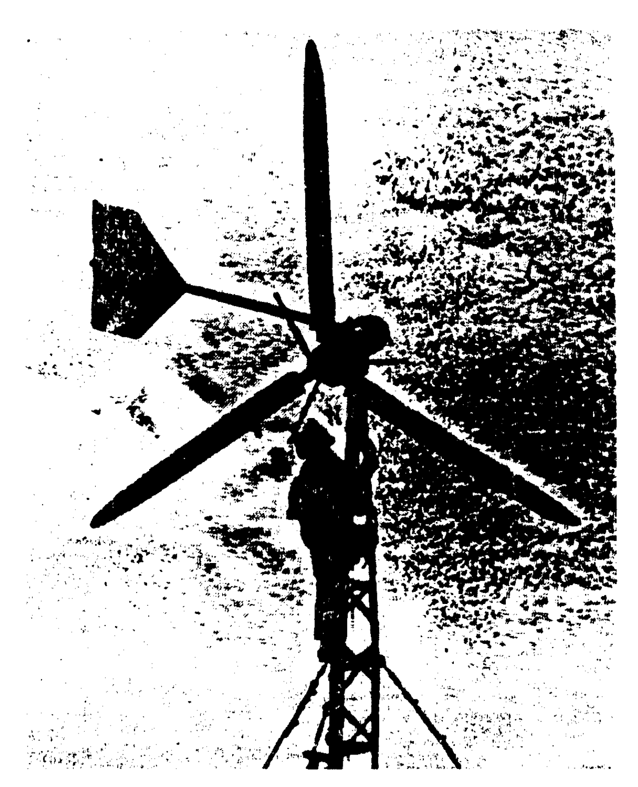
(شكـل ١٩) طاحـونة الهـواء متعـددة الريش فـوق برج خـشـبى تستعمل فى مـزرعة بتكساس لضخ المياه.

ولا يمكن أن تستخرج كل القدرة في الرياح المارة بواسطة طاحونة الهواء ، فقد بين المهندس الألماني ألبرت بتز حوالي عام ١٢٠٠ أن لا وجود لطاحونة هواء تستطيع أن تستغل أكثر من ٥٩٫٣٪ من طاقة الرياح المارة خلال المساحة المكتنفة بواسطة ريش طاحونة الهواء. وعمليا فإن كفاءة طاحونة الهواء لتحويل قدرة الرياح إلي قدرة ميكانيكية للعريش الدوار محدودة بحوالي ٤٢٪. وعندما تستعمل مع مولد لينتج قدرة كهربائية للاستخدام فإن الكفاءة في تحويل قدرة الرياح إلي قدرة كهربائية تصل إلي حوالي ٣٠٪.

نظم قدرة الرياح المستخدمة في البيوت والأراضي الزراعية:

إن نظم قدرة الرياح (علي مستوي صغير) الملائمة لتزويد البيوت المعزولة، والمزارع بالكهرباء، أو بالقدرة الميكانيكية، متاحة تجاريا. وتحتوي نظم المستوى الصغير عامة علي رفاس، ومولد لتيار مستمر معدل لمدي من ٥٠ إلي ٦٠٠٠ وات، ودوار هواء لحفظ مستوى دوران الرفاس عموديا علي اتجاه الرياح وبرج معدني إرتفاعة من ٣ إلي ٣٠ متر، ومجموعة من ٢٠ أو أكثر من بطاريات (رصاص - حمض) تشحن بمولد لتوفر قدرة كهربية عندما تقل الرياح أو تنعدم، ومحول يحول التيار المستمر إلي تيار متغير. ويعتبر هذا النظام عمليا في المساحات التي تصل سرعة الرياح بها إلى ١٣ كيلو متر في الساعة أو أكثر.

والمولد سعة ستة كيلوات (شكل ٢٠) الذي يعمل بالرياح ينتج ٣٢٥ كيلووات شهريا في مساحة متوسط سرعة الرياح بها ١٦ كيلو متر في الساعة، ويمكن أن ينتج قدرة تكفي كل الاحتياجات الكهربائية للبيت الحديث، بدون الطهي والتسخين، التي يمكن أن تتم بإستخدام الغاز. ويتطلب إقامة ذلك حوالي ٧٥ بطارية لإتاحة الكهرباء عندما تقل الرياح، أو تنعدم.



(شكـــل ٢٠) مولد رياحى سعة ٦ كيلووات فى مينى يولد الكهرباد للمنازل.

وفي أوائل سـبعـينات القرن العـشرين تكلفت إقـامة نظام سـعة ٢ كـيلو وات بالولايات المتحـدة الأمريكيـة حوالي ٤ر١ دولار للكيلووات. ويتـراوح ثمن الطاقة الكهربائيـة من المولدات التي تعمل بالرياح من ١٠ إلي ٢٥ سنت للكيلووات سـاعة تتوقف علـي حالة الرياح، وثمن المعدات، ومـعدلات التـشغيل. ويشـمل هذا المبلغ تكاليف البطاريات والمحول. وأينما يستخدم مولد لتيار مـتغير للتزود بالقدرة مباشرة

لآلات ضخ المياه للزراعة علي سبيل المثال، تقل التكاليف لحوالي ٥ سنتات للكيلووات ساعة.

وللإستخدام في المزارع، يجري الآن العمل علي إيجاد بدائل للبطاريات وفي هذا النظام تستخدم الكهرباء من المولدات التي تعمل بالرياح لتحليل المياه، ويتم الحصول علي غازي الهيدروجين والأوكسجين. وتعبأ هذه الغازات للإستعمال في خلايا الوقود، وآلات الإشتعال الداخلي، وقلوب المصابيح (شكل ٢١).



(شكل ٢١) قلب مصباح.

نظم قدرة الرياح المستخدمة علي مستوى كبير:

ينظر إلي نظم إستخدام قدرة الرياح علي مستوى كبير بنظرة خلابة، نظراً لأنها لا تسبب أي تلوث للبيئة سواءاً حراريا، أو لـلهواء، أو للماء، كما أنها لا تسبب أي إزعاج وقت التشغيل، هذا بالإضافة إلي أنها لا تحتاج إلي تقنية عالية لصيانتها، والأهم من ذلك كله عدم تواجد أي وقود. وبناءاً علي ما ذكره وليام هيرونيمس بجامعة ماساشوستس أن النظم الكبيرة لقدرة الرياح تتمتع بفرصة كبري في إستخدامها لتزويد الولايات المتحدة بجزء هام من الطاقة التي تحتاجها في المستقبل القريب بتكاليف تنافسية مع نظم استخدام الطاقة الأخرى.

وقد إقترح هيرونيمس إقامة ١٥٠٠٠ برج في السهل العظيم علي مسافات فيما بينها بمعدل مساحة ٥ر٢ كيلو متر مربع لكل برج، وأن يوفر كل برج عمل ٢٠ توربين رياحي ، مما يؤدي إلي تشغيل ٣٠٠ ٠٠٠ توربين. وأن يتكون كل توربين رياحي من: ريشتين برفاس (متصلين بقضيب مركزي دوار) قطريهما من الطرف للطرف ١٥ متر، ويشغل كل منهما مولدا يوصل إلي الشبكة الكهربائية. ويمكن لهذا النظام بالسهل العظيم أن ينتج ما يعادل ١٨٩٠٠٠ ميجاوات، أو نصف القدرة التي تنتجها محطات القدرة الكهربائية في الولايات المتحدة في أواسط ١٩٧٠ وكما اقترح هيرونيمس أيضاً إقامة العديد من الأبراج لعمل مولدات الرياح علي إمتداد الشواطئ حيث توفر الرياح هناك منبعا جيدا للطاقة.

طواحين الهواء المبكرة

طواحين الهواء الفارسية، وتجديد إستغلال الرياح:

مازال تاريخ إستخدام طواحين الهواء لأول مرة غامضاً، ولكن تبين التسجيلات أن طواحين الهواء كانت موجودة بفارس في القرن العاشر، بل ربما يرجع بداية إستعمالها إلي القرن السابع عشر، وكانت القلاع (الأشرعة) تدور علي محور رأسي. ويتم توجيه الرياح إلي الأشرعة خلال فتحات في حائط يحيط بطاحونة الهواء. ثم نقل التصميم الفارسي إلي الصين ربما عام ١٢٠٠ بعد الميلاد، حيث تخلص الصينيون من الحائط، وأجروا تحسينات في تشغيل طاحونة الهواء باستخدام أشرعة مزودة بالريش وقد استعملت طواحين الهواء هذه بصفة أساسية لرفع المياه للري.

وعلي المستوي العالمي حثت الرياح العديد من المهندسين والصناع والتقنيين لعمل آلات صغيرة، عادة بسعة لا تتجاوز كيلووات واحد، تستمد الطاقة من الرياح والمولدات الهوائية لإستخدامها إما مباشرة لرفع المياه، وللطحن، وفي مصانع النشر والتقطيع، وما شابه ذلك علي غرار استخدام طواحين الهواء القديمة، أو لتوليد تيار كهربي في المنتجعات، أو الأراضي الزراعية المنعزلة، أو أماكن الإسكان الغير مرتبطة بالشبكة الكهربائية المركزية. كما نجد أيضا أن المنازل الذاتية، وبعض المشروعات الحديثة المشابهة قد أدخلت الماكينات التي تستمد طاقتها من الرياح جنبا إلي جنب مع السخانات الشمسية.

وبالرغم من تواجد الرياح التي تولد الطاقة النظيفة، والمجانية، والآمنة بكثرة ولا سيما في البلاد الصناعية إلا أن التشجيع لتطوير المولدات الهوائية مازال ضئيلاً، بالرغم أن الأخصائيين في إنجلترا، علي سبيل المثال، قد وجدوا، نظريا، أن السواحل

الغربية لإنجلترا، وسكوتلاند، وويلز لديها من القدرة المستخرجة من الرياح ما ينتج ما بين ثلث أو ربع الطاقة الكهربائية التي تحتاجها كل إنجلترا.

وفي جمهورية مصر العربية تم تركيب توربينة هوائية قدرة ٣٠٠ كيلو وات من إنتاج شركة نوردتانك الدانماركية (شكل ٢٢) تم تركيبها بالغردقة لحساب هيئة الطاقة الجديدة في أغسطس عام ١٩٩٥ مع ٥ توربينات أخري مماثلة، بلغت نسبة التصنيع المحلي ٣٠٪ حيث قامت الهيئة العربية للتصنيع بتصنيع ٥ أبراج معدنية بإرتفاع ٣٠ متر لكل برج، وعدد ١٨ ريشة هوائية من الفيبرجلاس بطول ١٤٫٣ متر لكل ريشة. كما وقعت وزارة الكهرباء والطاقة حديثاً اتفاقيتي تعاون دولي مع الحكومة الألمانية للمساهمة في إنشاء محطتي إنتاج كهرباء من الطاقة الشمسية والرياح بعد أن انتهت من الدراسات الفنية لإنشاء أول محطة تعمل بالطاقة الشمسية نهاراً والغاز الطبيعي ليلاً لإنتاج الكهرباء بمنطقة الكريمات لتكون أول محطة من نوعها في منطقة الشرق الأوسط وأفريقيا. وقد صرح المسئولون علي هامش المؤتمر الدولي للطاقات المتجددة الذي عقد في بون عام ٢٠٠٤ بإن الاتفاقية الأولي لدعم تفعيل التعاون المصري الألماني في مجال الكهرباء والطاقة تخص مشروع توليد الكهرباء من طاقة الرياح في مواقع جديدة علي ساحل البحر الأحمر، والثانية لتدعيم مشروع محطة استغلال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح بالكريمات. كما تم تنفيذ العديد من مشروعات الطاقة الكهربية في مصر خاصة في مجال استغلال طاقة الرياح، حيث قام بنك التعمير الألماني بتمويل مشروع محطة توليد الكهرباء من طاقة الرياح بالزعفرانة بقدرة ٧٧ ميجاوات علي مرحلتين تم ربطهما بالشبكة الموحدة عامي ٢٠٠١، ٢٠٠٤، ويجري حاليا استكمال دراسة تمويل ١٠٠ ميجاوات أخري.



(شكـل ٢٢) توربينة هوائية قدرة ٣٠٠ كيلووات تم تركيبها بالغردقة بمصر .

وفي الحقيقة أرغم العالم علي البحث عن المصادر المنسية للطاقة منذ أزمة البترول في سبعينيات القرن العشرين واتجهت الأنظار إلي قدرة الرياح كمصدر متجدد للطاقة. في بريطانيا أعلن الخبراء أن مساحة ٢٥٠ كيلو متر مربع تكفي لإقامة عدد كاف من المولدات الهوائية لتحل محل محطة طاقة بترولية. ولكن تحقق بصفة عامة أن طواحين الهواء ليست المنبع المثالي للطاقة للنظام المركزي للتزود بالطاقة علي المستوى القومي.

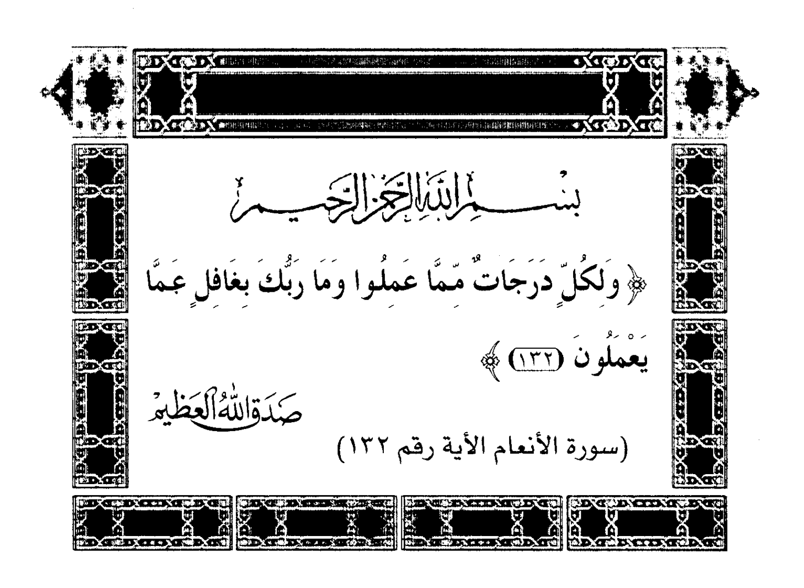
ومن جهة أخرى أقدمت ناسا والإتحاد القومي العلمي في الولايات المتحدة، علي برنامج لإعادة تصميم مولدات هوائية تكون كبيرة بقدر الإمكان لرفع قدرتهم لإنتاج وإضافة قدر له قيمة من التيار للشبكة القومية. ولكن هناك أسباب تقنية وإقتصادية تمنع بناء محطات الطاقة الهوائية بحيث تنافس وتباري محطات القوى التقليدية، وعلي ذلك ركزت ناسا علي التصميم الخاص بنموذج الحجم المتوسط بريش ٦٠ متر، التي تنتج حتى ١٠٠٠٠٠ كيلووات في الساعة من الكهرباء في السنة.

ولو حققنا الهدف علي المستوى القومي، فإن الطاقة الهوائية بدون شك ستساهم مساهمة فعالة في اقتصاديات الطاقة في الدول علي المستوى الإقليمي، وقد بدأت بعض الدول الخالية من المصادر البترولية في عام ١٩٧٤ تنفيذ خطة واقعية، واستغلت الرياح القوية والدائمة على سواحلها، وتمكنت من الحصول عل منبع هام للطاقة بتكلفة اقتصادية، لا يتأثر بالتضخم في أسعار البترول في السوق العالمي، كما اقترح إقامة شبكة من عدد من المولدات المتوسطة الحجم تؤدي في النهاية إلي إنتاج ٣٥٠٠ ميجاوات من طاقة الرياح.

ويظن أن دفعة من ٤٢ مولد هوائي كل بسعة ٢٠٠ كيلووات قد تستغل مبدئياً للري، ومضخات نقل البترول وتزويد الشبكات الكهربائية بالكهرباء.

ويعتقد المحللون التقنيون أن مولداتهم الهوائية لها القدرة على أن تنتج الكهرباء بتكلفة حوالي ٦٠٪ من تكلفة الطاقة النووية إذا استخدمت لانتاج الهيدروجين كوقود (سيأتي ذكر ذلك بالتفصيل)، وتكون منافسة حتى للبترول.

كذلك كان للروس نصيب كبير في ريادة طواحين الهواء، ومن أشهر الأمثلة لأبحاثهم المبكرة كان المولد سعة ١٠٠ كيلووات، باستخدام الرياح، الذي شيد في يالتا في القرم أنتج في عام ١٩٣١ مائة كيلووات. ولكن القوات الألمانية دمرته عام ١٩٤٣ أثناء إخراجهم من القرم. ولقد زودت البيانات التي سجلت أثناء عمل هذا المولد الأبحاث التقنية الحديثة بمعلومات تعتبر غاية في الأهمية.


بسم الله الرحمن الرحيم
﴿ وَلِكُلٍّ دَرَجَاتٌ مِّمَّا عَمِلُوا وَمَا رَبُّكَ بِغَافِلٍ عَمَّا يَعْمَلُونَ (١٣٢) ﴾
صدق الله العظيم
(سورة الأنعام الأية رقم ١٣٢)

طواحين الهواء الأوروبية:

كان بالدانمارك منذ قرنين ٥٠٠ طاحونة هواء، تبقي منها عدد قليل جداً، استخدمت عند شدة الإحتياج إلى منابع للطاقة أثناء نضوب البترول في سبعينات القرن العشرين، ونظراً لما اتضح من أهمية وجود بدائل لمنابع الطاقة، أقام التقنيون ٩٠ طاحونة هواء لتشغيل المولدات الكهربائية تنتج أكبرها ٨٠ كيلووات من التيار عندما تبلغ سرعة الرياح عشرة أمتار في الثانية، وهي مزودة بثلاث ريش دوراة في نصف قطر ٢٠ متر، هذا بالإضافة إلى نوع آخر بريشتين تدور في نصف قطر ١٧ متر تولد ٥٠ كيلووات تيار متردد. وقد علق قائد علماء الطاقة بأن هذا الجهد السريع في هذه المنطقة هو المثال الأمثل على استخراج بدائل الطاقة.

أيضاً، وبغاية الحكمة، احتفظ الهولنديون بالعديد من المولدات الكهربائية باستخدام طواحين الهواء التي أقاموها أثناء نضوب البترول حتى الآن، فقد ثبتت أهميتها البالغة أثناء نضوب البترول عالمياً في الفترة ١٩٧٣ - ١٩٧٤ .

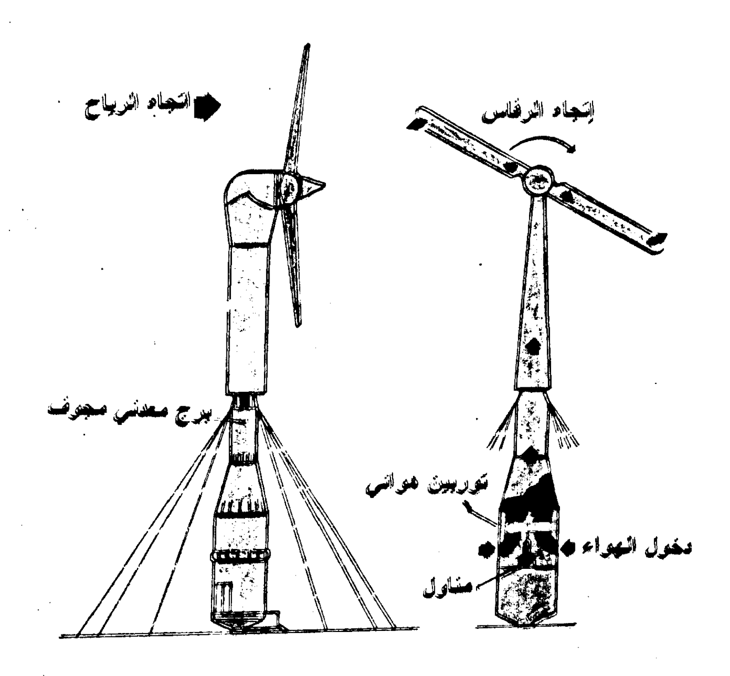
كذلك تأسست مدرسة أخرى للطاقة في تفند شمال الدانمارك، حيث صمم وشيد مولد بإرتفاع ٥٣ متر، واستخدمت طاقة الرياح باستخدام ريش طويلة جداً من الفيبرجلاس، ينتج ٢٢٠٠٠ كيلووات في الساعة في الشهر يغذي الشبكة القومية، بل أكثر من ذلك في فصل الشتاء.

وبالنسبة لإنجلترا وفرنسا فقد ظهرت فيهما طواحين الهواء المبكرة في نفس الوقت تقريباً حوالي نهاية القرن الثاني عشر، وكانت لطواحين الهواء هذه أذرعه موضوعة على محور أفقي، اخترعت بالتأكيد باستقلالية عن تصميمات طواحين الهواء الفارسية أو الصينية، وكانت تستخدم أساساً لطحن الغلال وضخ المياه.

في أعقاب الحرب العالمية الثانية، التي بينت أهمية طاقة الرياح في البلاد المحتلة، بدأت فترة تميزت باهتمام الحكومات. فقد أعطت الحكومة البريطانية بعض المساعدات المالية إلى مؤسسة الأبحاث الكهربائية بصدد بناء واختبار بعض النماذج للمولدات الهوائية، وزار فريق من مهندسي المؤسسة السواحل الإنجليزية على امتدادها، وتسلقوا الهضاب التي تتميز بالعواصف المناخية، وسجلوا أسلوب الرياح مثل السرعة القصوى، والسرعة المتوسطة، والفترات العاصفة، والفترات الخالية من العواصف في السنة، وهكذا ... وكلها بيانات ذات أهمية قصوى لتصميم الأجهزة التي تعمل بقوة الرياح، خاصة الريش، وتقدير التكاليف مقارنة بالطاقة. وقد وجد أن بعض الريش تتوقف عن الدوران ما لم تتجاوز سرعة الرياح حدا أدنى، ومن ناحية أخرى وجد أن الرياح بسرعة ٣٠ كيلومتر في الساعة لها قدرة تعادل ثمانية أمثال قدرة الرياح ذات سرعات ١٥ كيلومتر في الساعة.

وكانت نتيجة هذه الأبحاث، قرارا ببناء جهاز تجريبي بسعة ١٠٠ كيلووات يقام أولا في كوستاهد بجزيرة أوركني، ثم في ميند أنيلوج بساحل كيرنارفون، كبشائر لمولدات بسعة ١٠٠٠ إلى ٢٠٠٠ كيلووات. وقد صمم الجهاز التجريبي بتصميم رائع للمهندس الفرنسي أندرو (شكل ٢٣) السابق تخرجه من مدرسة إيروديناميك التي أسسها جوستاف إيفل الذي صمم برج إيفل بباريس.

ويعمل نظام أندرو على قاعدة التفريغ: للمروحيات ريشتين (نصلين) أو ثلاث مجوفة ومفتوحة عند أطرافها ، وكذلك مقبض مجوف أيضاً، ومجرى هوائي أنبوبي مجوف، يقود إلى توربين هوائي ، يدير المولد عند قاعدة برج المروحيات. وعندما تدور المروحيات، يدور الهواء من أطراف الريش بالقوة المركزية الطاردة مما يخلق



(شكـــل ٢٣) نظام طاحونة هواء أندرو لتوليد الطاقة.

تفريغ قـريب، وعليه يمتص الـهواء عند التوربـين بدوره. وربما يعتقـد أن هذا النظام أكثـر تعقـيداً من طواحـين الهواء المسـتقـيمة، ولـكنها تتـميـز بعدم وجـود وصلات ميكانيكيـة، أو تروس فيما بين التـوربين والريش. وأن أجزاء توليد الكهرباء الثـقيلة الوزن موضوعة عند المستوى الأرضي.

بني المولد الهـوائي في كـوسـتـاهد عام ١٩٥٢ مـزود ببـرج إرتفـاعة ٣٠ مـتـر بمروحيات ذات ثلاثة ريش من الألومـنيوم أطوالها ١٫٧٥ متر، وأنجـز العمل بكفاءة، وبعد عام من الإختبارات، تم تفكيك النظام، ونقل إلى مـوقع مختار في كيرنارفون، وهناك تم الربط إلى الشبـكة القوميـة. وبالرغم من ضآلة المساهمـة إلا أن ذلك كان

أول طاحونة هواء عصرية تزود الشبكة بالطاقة. وفي أثناء التشغيل، سجل التقنيون كل تفاصيل الأداء، وتم الحصول على بيانات ذات فائدة عالية.

ولكن في تلك الأثناء كان يقام في كمبرلاند منبعاً جديداً للطاقة، كالدرهول، أول محطة طاقة نووية، افتتحت في خريف ,١٩٥٦ وتحدث العالم بأسره عن عصر وفرة وغزارة الطاقة. وعلى ذلك نسيت طاحونة الهواء في ساحل ويلسن، كما توقفت الحكومة عن التمويل، اعتقادا بأن قدرة الرياح ليس لها مستقبل في عصر الذرة. ولكن، بكل شجاعة، استمر مولد الهواء مستمرا في إنتاجه إلى أن تضخمت بعض المصاعب التقنية التي لا يمكن تجنبها، مما أدى إلى توقف المولد.

فقط في ١٩٧٩ تم إحياء مشروع أوركينيز لأسباب ملحة تتلخص في أن هذه الجزر أصبحت ذات أهمية لتواجد نهائيات أنابيب البترول بها من حقول شواطئ بحر الشمال. ونظراً لأن معظم هذه الجزر معزولة، فقد استمرت رونالدساي الشمالية بدون شبكة كهربائية، حيث رفض مجلس إدارة شركة شمال سكوتلاند للكهرباء أن تزود الـ ١٢٠ مقيم، نظراً للتكلفة العالية، ولذلك قرر المسئولون بالجزيرة، وهي واحدة من أحسن أماكن العالم لاستغلال طاقة الرياح، أن يبني مولد هوائي بإستخدام أحدث التصميمات.

وقد ظهرت في أوروبا أنواع متعددة من طواحين الهواء منها طواحين الهواء المبكرة مثل طواحين الصواري وطواحين الأبراج ومنها طواحين الهواء الحديثة مثل طواحين الهواء ذات الدوارات المتعددة وطواحين الهواء ذات المحرك الرفاس سنذكرها مجملاً فيما يأتي

طواحين الصواري:

أنشأت طواحين الصواري كطواحين مبكرة في كل من فرنسا وإنجلترا. تميزت بجسم خشبي على هيئة صندوق يحمل الأشرعة على عريش أفقي تقريباً، وكانت أجسام وأسقف هذه الطواحين معضدة بدعامات أفقية مستقرة عبر صارية خشبية رأسية مركزية. كما كانت الدعامات الأفقية مرتكزة على صار رأسي، وهكذا كانت حرة الحركة في أن تدور في مستوى أفقي. كما كانت تدور كل مكونات الطاحونة بواسطة عريش متصل في الجانب الخلفي للنظام.

وقد انتشر استعمال طواحين الصواري في ألمانيا، وهولندا، وأجزاء أخرى من شمال أوروبا بنهاية القرن الثاني عشر، واستعملت في جنوب أوروبا بعد ذلك بقرون قليلة. وقد إستمر استخدام طواحين الصواري لمئات السنين، والأمثلة المبكرة التي مازالت قائمة يعود تاريخها لأوائل القرن السابع عشر.

طواحين الأبراج

أخترعت طواحين الأبراج في أوروبا في أوائل القرن الخامس عشر، حيث كان لها برجا من الحجارة، أو قوالب الطوب، وسقف خشبي، أو غطاء يحتوي العريش الذي تدور عليه الأشرعة. وكانت توجه الأشرعة إلى الرياح بإدارة كل الغطاء على جرة دائرية خشبية وبعد ذلك على ملفات اسطوانية اما خشبية أو معدنية. وكان يتم هذا بواسطة الطحان الذي يحرك العريش المتصل بالغطاء. وقد تم بناء بعضا من أجمل طواحين الهواء هذه في هولندا، ومازالت بعضها قائمة حتى الآن. ولقد عمر من هذا النوع أعداد أكثر مما بقى من طواحين الصواري، نظراً لأن أجسام هذه الطواحين قد بنيت من الحجارة أو الطوب وليست من الخشب.

وقد أقيمت رحاه هولندية لطحن الغلال نموذجية بإرتفاع خمس طوابق، ولها دولاب رياح مكون من أربعة إطارات للأشرعة، كل حوالي ٩إلى ١٢ متر طولا. وتمتد أشرعة فوق الإطارات الخشبية بزاوية على دولاب الرياح بحوالي ١٨° على الحد الداخلي، تتناقص بالتدريج إلى حوالي ٧°على الحد الخارجي، ويدار الغطاء متضمنا الـ ٣ر٧ متر العليا من الطاحونة على صينية تساعد الطحان على تغيير وضع دولاب الرياح بتشغيل ملوينة توجه وتضبط من منصة عند مستوى الطابق الثاني. وتعمل في هذا المستوى فرملة لوقف أو بدأ تشغيل الآلات. ويوجد في مستوى الطابق الرابع حاكم ينظم السرعة، ويفرمل تشغيل الآلات، للأمان، عند اشتداد الريح، كما تقوم روافع على تنظيم الضغط بين حجري الرحى مما يضيف فرملة أخرى.

وقد وصل عريش (بدن العمود) طاحونة الهواء، الأفقي تقريباً بواسطة آلات حركة مسننة (تروس) إلى عمود رأسي، توجد أسفله تروس أخرى لتشغيل أحجار الطحن العليا. وتجرش الحبوب في الطابق الأول قبل رفعها بجرادل إلى صناديق في مستوى الطابق الثالث، حيث يتم تنقيتها بواسطة مراوح. ثم تنقل خلال ممرات منحدرة إلى حجري الرحى في مستوى الطابق الثاني. ثم يمرر الدقيق المطحون خلال ممرات منحدرة إلى مستوى حيث تتم عملية النخل خلال مناخل ذات درجات متعددة من خيوط الحرير، ثم يخزن طبقاً لتركيبة كل نوع في صناديق. وتصل كفاءة هذه الطاحونة من ٢٠ إلى ٤٠ برميل من الدقيق في اليوم.

وتولد طواحين الصواري من ٢ - ٨ قدرة حصان، وطواحين الأبراج من ٦ - ١٤ قدرة حصان. وبالرغم من القلة النسبية لكفاءة إستغلال القدرة، إلا أن طواحين الهواء استعملت بأعداد كبيرة حتى نشأة الآلات البخارية. وآلات الإحتراق الداخلي، والموتورات الكهربائية. وقد استعمل في هولندا حوالي ٩٠٠٠ طاحونة هواء بقى فقط ٩٥٠ تشمل حوالي ١٠٠ طاحونة هواء مازالت صالحة للإستعمال.

طواحين الهواء الحديثة

طواحيـن الهـواء ذات دوارات متعـددة:

أنشأت هذه الطواحـين في الولايات المتحدة الأمـريكية في النصف الأخـير من القـرن التاسع عـشر، مكونة من عـدد من دوارات الهواء المعـدنية مـركبـة قطرياً إلى دولاب. وقد اسـتعملت علـى مدى واسع بنهاية القـرن ثم انتشـرت بعد ذلك على المستوى العالمي.

ولها دولاب هوائي قطره ٤ر٢ مـتر مزود بالعـديد من الأنصال (ريش) معـدنية قطرية قريبة من بعضـها البعض (شكل ١٩). وهي مركبة على برج مـعدني إرتفاعة حوالي ٧ر١٠ مـتر. وطاحونة الهواء هذه عـادة متصلة خلال آلات حـركة (تروس) إلى مضخة يمكن فصلها وتشغيلها يدوياً. والطاحونة تستطيع ضخ المياه من الأعماق الكبيرة للري والإستعمالات المنزلية وشئون الحياة اليومية.

في أوائل القرن العـشرين ارتفعت الأبراج المعـدنية لهذه النوعـية من الطواحين فـوق معظم المزارع في الغـرب، ولكن التطور السـريع للعمل بالكهـرباء خلال عـام ١٩٣٠ وما بعـدها تسبب في إزالة معظمـها. وعلى كل فقـد استمر اسـتعمـالها في الهند وبعض البلاد النامية.

طاحونـة الهـواء ذات المحـرك (الرفـاس)

يشـتمل الرفـاس عـادة على ريشتين أو ثلاث ريش (شـكل ١٨ ـ أ) مثبتـة في قضيب مـركزي، يدور بسرعة عـالية، بواسطة آلة تديره، ويستعـمل ليسوق طائرة أو مـركب. ويتـميـز هـذا النوع من الطواحين بأن لهـا ريـشـتين أو ثلاث، وقـد جـاء اسـتعـمـالها تاليـا لتطوير رقـائق المحـركات للطـيران الجـوي في عـشرينات القـرن

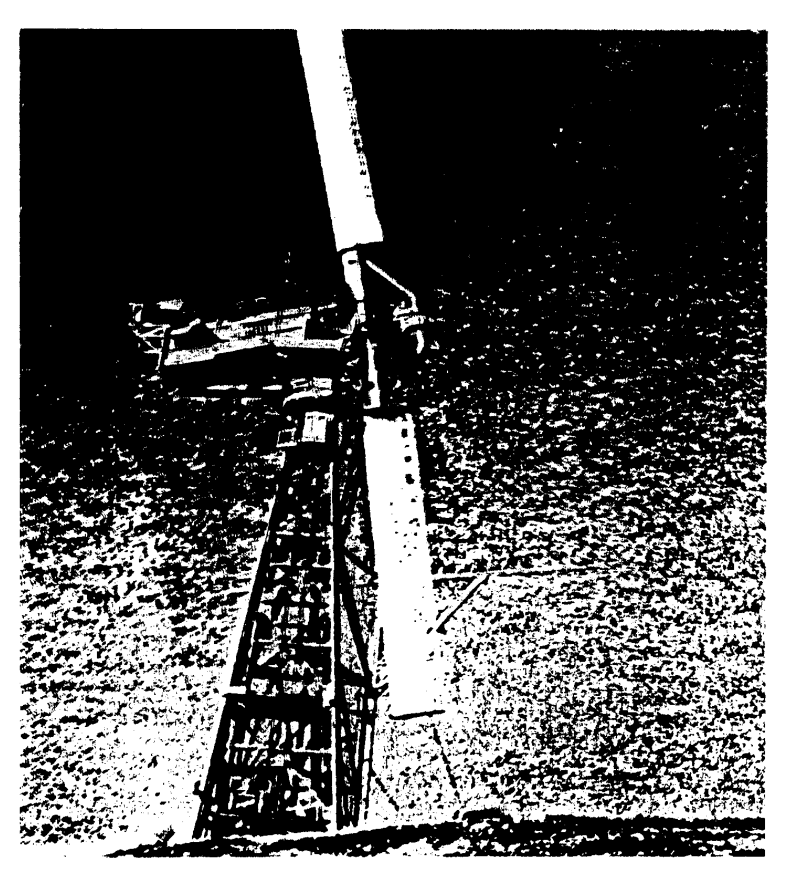
العشرين. وتستخدم طواحين الهواء هذه مقترنة مع مولد لتوليد الكهرباء في الأماكن الخلوية المعزولة. والطاحونة الصغيرة من هذا النوع تزود البيوت والمزارع بالقدرة الكهربائية، والكبيرة منها يجري تطويرها حاليا كي تزود الشبكات العاملة بالقدرة الكهربائية مثل محطات توليد الكهرباء.

في الولايات المتحدة الأمريكية، قاد كل من بوشامب سميث، وبالمر بتنام والعاملين معهما تطوير الطواحين الكبيرة، وبنوا وشغلوا أكبر نظام تجريبي، حتى يومنا هذا، لإستخدام الرياح كمصدر للطاقة، وتم تشغيل توربين رياحى سعته ١٢٥٠ إلى ١٥٠٠ كيلو وات، وأقيم برج ضخم من الصلب ارتفاعه ٣٣٫٥ متر، ومراوح (ريشتين) بقطر ٥٥ متر من الطرف إلى الطرف، وزود بعجلات مسننة لإدارة التوربين والمولد في المستوى الأرضي (شكل ٢٤).

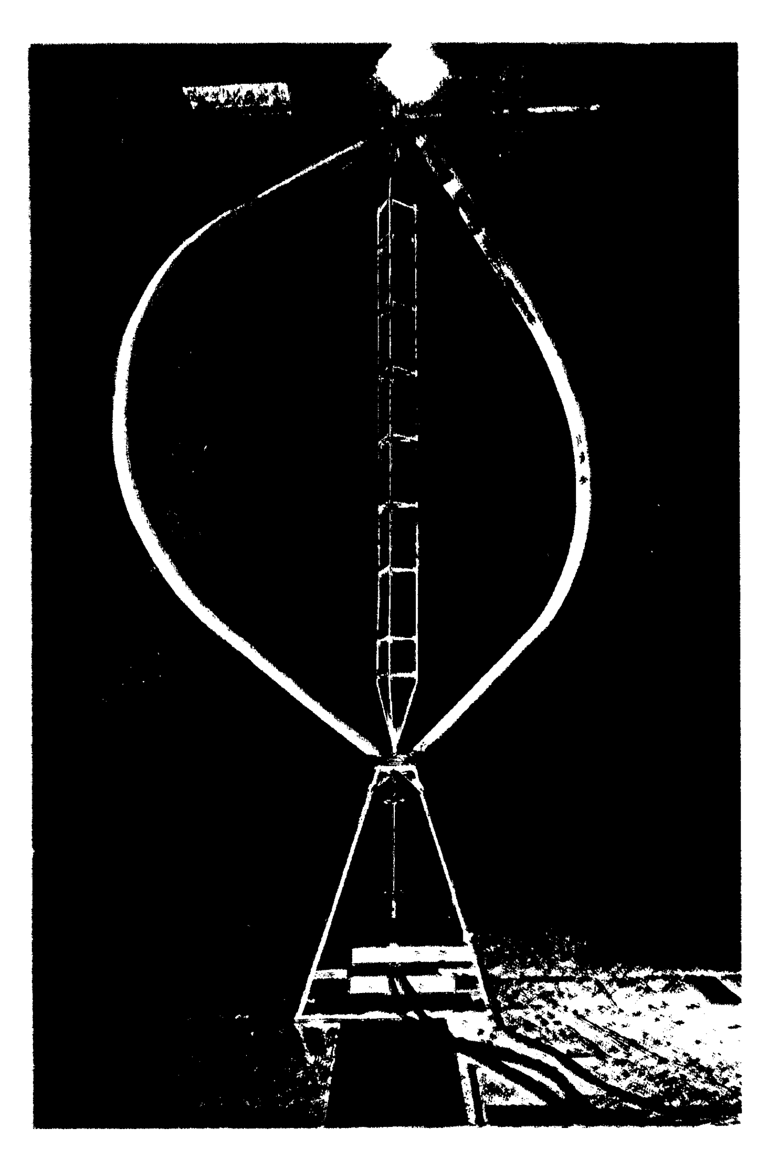
وقد وضع البرج والتوربين والمولد على قمة تل جراند با (ارتفاعه ٦١٠ متر عن سطح البحر) بالقرب من فيرمونت بنيو إنجلاند، وتم توليد كهرباء لتغذية مقر مؤسسة الخدمات بفيرمونت خلال الأعوام ١٩٤١ - ١٩٥٤ بالإضافة إلى تغذية حوالي ٦٠٠ منزل بالكهرباء في المنطقة.

وبعد توليد حوالي ٦٢٠٠ كيلوات في ١٤٣ ساعة، أصيبت إحدى الريش بشرخ نظراً لشدة الإهتزاز، مما أدى إلى توقف التجربة كلية. وبالرغم من هذه الخسارة الكبيرة، إلا أن التجربة أثبتت الجدوى الإقتصادية من استخدام الرياح لتوليد الكهرباء، كما اكتشفت أن أشد الأخطار تكمن في شدة إهتزاز الريش الكبيرة.

وفي أواسط سبعينات القرن العشرين تابع العديد من المؤسسات في فرنسا وناسا في الولايات المتحدة الأمريكية تطوير نظم المولدات الرياحية الكبيرة وتخطط ناسا لبناء واختبار طاحونة هواء لـ ١٠٠ كيلو وات ذات نصلين تغطي ٣٨ متر من



(شكــل ٢٤) سميث - بوتنام : مولد رياحى سعة ١٥٠٠ كيلوزات أقيم فى فيرمونت عام ١٩٤١ بمراوح ١٧٥ قدم.



(شكـــل ٢٥) طاحونة هواء بلا أذرعة تختبر فى نفق رياحى (كندا).

الطرف للطرف. ويؤمل في عـمل نظم أكبر من هذا النوع لـلإستغـلال الأمثل لمنابع قدرة الرياح.

توربيـن الريـاح ذو المحـور الرأسـي:

حـصل المهندس الفنلندى سـافـونيس عـام ١٩٢٩ على براءة اخـتـراع توربين رياحي رأسي المحور، وقد سميت هذه الآلة الدوار - S، تصور بأنها تتكون بخرط أسطوانة رأسية مجوفة نصفين من أعلى إلى أسـفل، ثم تحريك أحد النصفين جانبيا، حـتى يشـيـر الحرف المـجرور إلـى منتـصف النصف الآخـر من الأسطوانة وبهـذا التصميم يكون أحد نصفي الدوار- Sمحدب ناحية الرياح والـنصف الآخر مقعر. والجانب المحـدب ناحية الرياح يدور بواسطة هبـات الرياح من الجانب المقعر ناحـية الرياح. وتعتـبر مؤسسـة الكهرباء في سويتـزلاند هي القائدة لتطوير الدوار- Sفي سبعينات القرن العشرين.

كـمـا حصل المـهندس الفـرنسي داريـي على براءة اخـتـراع توربين الرياح ذي المحـور الرأسي في عام ,١٩٣١ وهو مـكون من ريش على هيئـة نصـفي اسطوانة، كـلاهما مـتصل بـأعلى وأسفل عـريش (شكل ٢٥). وقـد تم إختـراع دوار داريبي بصفة مستقلة بواسطة مركز الأبحاث القومي بأوتاوا بكندا في أوائل القرن العشرين.

فـفي كندا صـمم اثنين من المهندسين همـا: بيـتـر سوت وراج رانجي للـمركـز القومي للبحوث بكندا نفس المولدات الهوائية بدون الأذرع، حيث تتكون المروحيات من نصلين أو ثلاثة أنصـال طويلة ورفيـعة، ومـقعـرة، وملحقـة ببدن عـمود رأسي، ورمـان بلي في القـمـة والقـاع، وهكذا تدور رأسـيـاً وليـست على المحـور الأفـقي التقليدي لطواحين الهواء. ويمكن أن تستغـل الطاقة الناتجة لتوليد الكهرباء، أو ضخ المياه للري.

والميزة الأساسية لهذا التصـميم أن هذا المحور الرأسي له نفس المقدرة في جميع



الاتجاهات، حيث يلتقط الرياح من أي اتجاه، وهكذا لا يحتاج إلى وسائل لإدارته لمواجهة الرياح. وقد ذكر السيد رانجي أن اهتمامهما الأساسي هو إنتاج منبع رخيص للطاقة في الدول النامية، كما له تطبيقات عملية أيضاً في الدول المتقدمة مثل كندا، حيث أبدى المسئولون رغبتهم في تزويد الأماكن المنعزلة في الشمال بالطاقة الكهربائية.

وقد بينت التجارب أن الرياح بسرعة ٢٤ كيلو متر في الساعة التي توجه إلى هذه النوعية من التصميمات، بقطر خمسة أمتار تولد قدرة ٢ر١ حصان أو ٩ر٠ كيلووات. وتزود الرياح التي تؤثر على ريش المروحيات سرعات إضافية والتي قد تصل، في أحسن الظروف، إلى أضعاف عديدة من سرعة الرياح نفسها. على سبيل المثال عندما تدور المروحيات ١٧٠ دورة في الدقيقة عند سرعة رياح قدرها ٢٤ كيلومتر في الساعة، تصل سرعة الريش إلى ستة أمثال سرعة الرياح.

ولغرض التخزين أحتبرت بطاريات الرصاص والنيكل - كادميوم، ولكن عند درجات الحرارة الأقل من الصفر لا تصلح بطاريات الرصاص، في حين أثبتت بطاريات النيكل - كادميوم كفائتها في الشتاء في كندا.

محاولة ثورية أخرى لإستغلال طاقة الرياح بدون الحاجة إلى أشرعة ضخمة تكمن في فكرة "التورنادو الصناعي" التي قدمها دكتور جيمس ين برابطة جرومان للفضائيات بالولايات المتحدة الأمريكية. في الأساس تستخدم الفكرة قواعد التفريغ بفرق الضغط بين القلب وكتلة الهواء الدوارة البعيدة عن المركز. هنا تشتمل طاحونة الهواء علي برج كبير به فتحات طويلة رأسية، أو دوارة هواء حيث يدخل الهواء، فيدور في دوامة توجه لتمر عبر توربين بسرعة عالية عند أسفل البرج، ومن هناك يتحرك حلزونيا إلى القمة المفتوحة للبرج حيث تسحب بواسطة الرياح الخارجية. وقد أثبتت حسابات دكتورين أن برجا بإرتفاع ٦٠ متر، وقطر ٢٠ متر ينتج مليون

وات، وأن برجا ضعف هذا البرج يولد ثمانية ملايين وات.

طواحين الهواء على المستوى الفردي الصغيرة

يدل إستخدام العديد من المولدات الصغيرة والآلات التي تعمل بطاقة الرياح حالياً في أجزاء عديدة من العالم، أن هناك استشعار، على المستوى الفردي، بمدى أهمية طاقة الرياح. إلا أن التقدير الرسمي لهذه التصميمات المختلفة ليس على نفس المستوى من الأهمية، يتضح ذلك في قلة التمويل الحكومي وفي التوجيهات للمستعملين والصناع القائمين بها.

على سبيل المثال قام منظف مداخن، بهولم بالقرب من هدرس فيلد بإنجلترا عمره ٦٠ عاما، بتشييد طاحونته الهوائية فوق مصنعه، تزوده بطاقة تكفي لإدارة حجر للسن، وآلة حفر، ومنشار مستدير، بالإضافة إلى تشغيل مولد يزود منزله بمعظم الكهرباء التي يحتاجها، ويبلغ إتساع الريش ثلاث أمتار وعددها دستين من الريش المعدنية، نسقت علي هيئة مروحة مستديرة.

وفي معمل كافندش في كميريدج، يقوم عالم الفلك الراديوي سير مارتن ريل بتجارب مولد هوائي صغير، ويعتقد أن الأمر سيؤول إلى الشركات المهتمة بهذا المجال لتصنيع العديد من نظامه. ويؤكد أن طاقة الرياح، الدائمة والآمنة، تستطيع أن تزودنا بالبديل الأمثل للطاقة النووية، لاسيما أنها أكثر رخصا وحدة لوحدة، تكلفتها الكلية على مدى ٢٠ سنة تصل حوالي ثلث تكلفة الطاقة النووية، ويجب أن يتم التخزين الحراري بتكاليف منخفضة، ووسائل بسيطة كأن يستخدم صهاريج مياه ضخمة معزولة.

وفي البوكويرك بنيو مكسيكو، قام علماء أبحاث الطاقة الأمريكيون بالعمل على التوربين الهوائي داريي الذي سمي كذلك على إسم المخترع الفرنسي عام

١٩٢٠ ويتميز بأن المحور ليس أفقياً، كما في طواحين الهواء التقليدية، إنما رأسيا كما ذكر سابقا، وبذلك لا يحتاج إلى وسائل إضافية لتديره إلى مواجهة الرياح. ويصل أداؤه عندما تكون قوة الرياح ٥ حصان إلى ٣٠ كيلووات.

هناك نموذج آخر يستحق التقدير، هو المولد الهوائي الذي بناه بعض العلماء الأوربيون، غالبا كهواية في وقت الفراغ، فوق جزيرة بحر الشمال الألمانية. مزودا بدوارتين للهواء متعاكستين، وخمسة ريش بقطر ١١ متر على محور وحيد. ويزود خمس منازل بكل احتياجاتها من الكهرباء.

ويتضح أن المولدات الصغيرة، والمتوسطة الحجم التي تخدم المنازل الإنفرادية والمجتمعات الصغيرة تتمتع بفرص كبيرة في إستغلال طاقة الرياح على المستوى العالمي كمنبع حديث للطاقة أكثر مما تتمتع به التركيبات الضخمة لخدمة مناطق كبيرة وتغذية الشبكات القومية بالكهرباء.

يعتبر ما قدمه المهندسون البريطانيون، العاملون بالقرب من المطار الصغير في بوري والمسئوولون عن أجهزة توليد الطاقة التي تتزود بها الآلات وتنظم إدارتها، واحد من أكثر التصميمات إثارة في مجال طواحين الهواء. هؤلاء المهندسون خبراء في تطوير الطائرات المروحية، وقد أسسوا تصميمهم على خبراتهم في الديناميكا. وقد حدد عن عمد هذا النموذج كحد أقصى للكهرباء المنتجة بسعة ١٥٠ كيلووات. ويتضمن مكونات صناعية متاحة، وريشة متينة مزودة بمنظم للسرعات يعمل أوتوماتيكيا، يشابه ما يستعمل في الطائرات المروحية ويبدأ المنظم ذاتيا، ومحميا ضد السرعات الزائدة جداً والعواصف العاتية، والتغيرات المضطربة في الرياح، ويستغل طاقة الرياح إلى أقصى حد ممكن. ويتم نقل الطاقة بإستخدام سوائل في أنابيب بين المراوح والمولد أو نظام تخزين حراري. ولهذا أفضلية أن قوة الضغط الهيدروليكي

تتحول إلى قوة تشغل مولد كهربائي، كما تتحول إلى حرارة. وقد أوصى مصمموا أجهزة توليد الطاقة أن تخزين الحرارة بواسطة خزان الحرارة العالية (الحرارة الكامنة) بسعة صغيرة لتشغيل الدفايات، وحتى للطهي، بطريقة نقل الحرارة هيدروليكيا، وإذا لزم الأمر يمكن استعمال مضخة الحرارة إما كمحرك حراري لتوليد الكهرباء، أو للتبريد في الصيف.

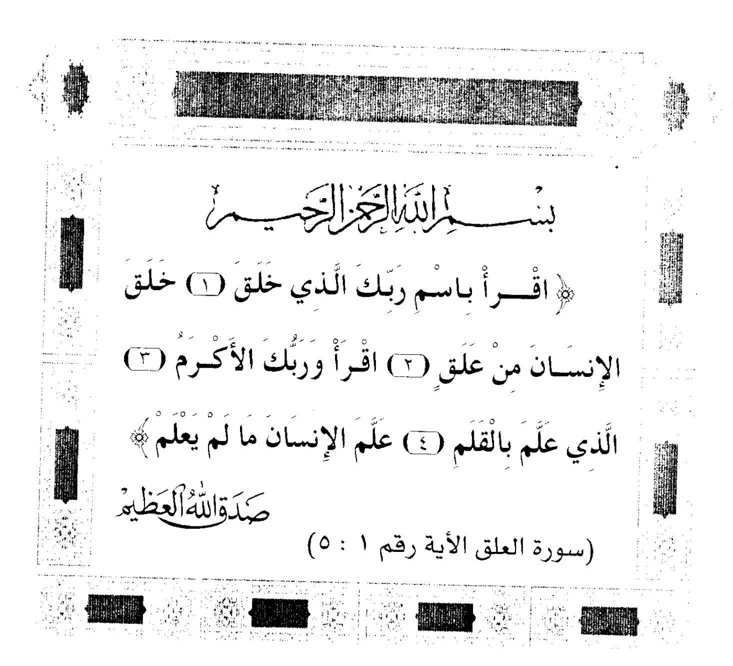
وفي حالة الاحتياج للتيار الكهربائي فقط، يتم تطبيق نظام مثالي بالمنازل الكبيرة المعزولة، التي يلزمها ٧٤٠٠٠ كيلووات كطاقة كلية خلال السنة. ويلزم هذا المدى من الاستهلاك مجموعتين من الريش، قطر كل منها ١٢ متر مركبة أعلى المنزل. وللأمان يفضل استخدام برجين منفصلين، ولعدم انقطاع التيار يلزم بطارية لتخزين الكهرباء.

ويوجد الآن المركز القومي للبدائل التكنولوجية، الذي أفتتح عام ١٩٧٠ في وسط تلال ولش، يجذب عشرات الآلاف من الزوار، ونرى في هذا المركز نوعاً جديداً من طواحين الهواء صممتها للمؤسسة الملكية للطائرات في فارنبروه، التي تنتج الكهرباء، وهي مزودة بثمانية أشرعة. وقد ساهمت حوالي مائة من الشركات الصناعية في تمويل مشروعات المركز التي شملت السخانات الشمسية، ومولدات غاز الميثان لخدمة المنازل المعزولة.

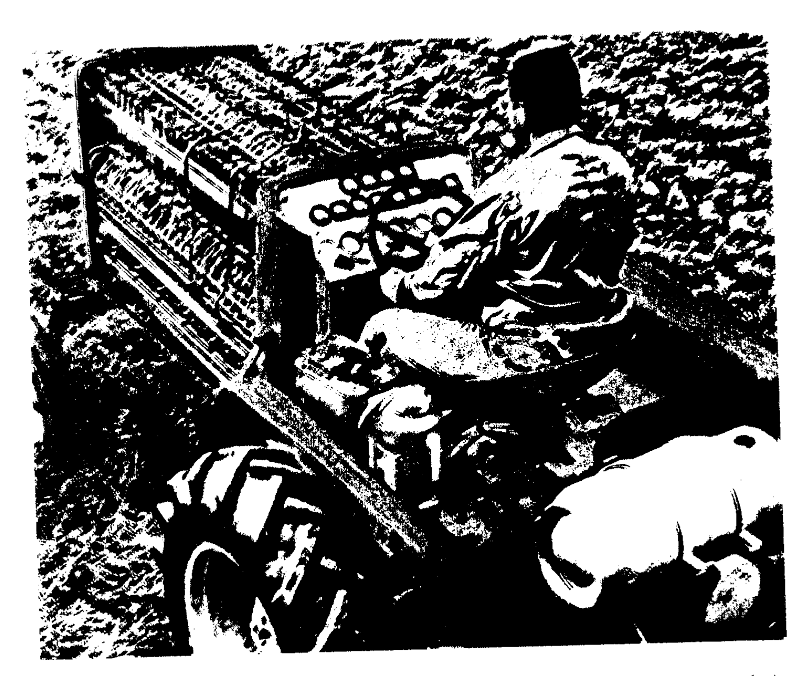
تخزين طاقة الرياح:

ذكرنا سابقا أن المحللين التقنيين يعتقدون أن المولدات الهوائية لها القدرة على أن تنتج الكهرباء بتكلفة حوالي ٦٠٪ من تكلفة الطاقة النووية إذا استخدمت لإنتاج الهيدروجين كوقود، وتكون حتى منافسة للبترول. وفكرة إنتاج الهيدروجين من طاقة الرياح ليست جديدة، إنما الجديد هو التطور العملي الذي يتم حاليا في العديد من الأقطار. كان إنتاج الهيدروجين، في الأساس، اقتراحا متصلاً بالاستخدامات الجديدة للطاقة النووية بغية توفير البترول. ويعتبر غازي الهيدروجين والميثان نوعين تبادليين للوقود في المستقبل لسهولة إنتاجهما. وبينما يمكن استعمال الميثان بديلا عن البترول في وسائل النقل، فإن الهيدروجين يمكن أن يفي بالعديد من المطالب المنزلية، وفي الصناعة. ويعتبر الهيدروجين وقود نظيف يمكن استخدامه في الطهي، والتدفئة المنزلية، وأيضا (بواسطة مولدات توربينية غازية) لتوليد محلي للكهرباء، ويكون بديلا للغاز الطبيعي، ولكنه قابل للانفجار نوعا ما، وهنا تكمن خطورته، وعلى العلماء أن يعملوا على التخلص من أخطاره قبل استعماله على المستوى العام. ومن مميزاته أيضاً أن تكلفة توزيعه بواسطة خطوط الأنابيب للمسافات الطويلة تعتبر أرخص من نقل الكهرباء ذات الفولت العالي.

وبالنسبة للمولدات الهوائية فإن أهمية الهيدروجين تكمن في أنه قد يستغل لتخزين طاقة الرياح. ويحتاج فقط لتيار قليل لإنتاجه بواسطة عملية التميؤ الكهروكيميائية (تحلل الماء) حيث يتحلل الماء إلى عنصريه: غازي الهيدروجين والأكسجين، وكلاهما يمكن أن يخزن في اسطوانات معدنية. (تصنيع الميثانول يحتاج إلى كمية أكبر من الكهرباء). ويمكن أن يولد كل من الهيدروجين والأوكسجين الكهرباء بواسطة طريقة خلايا الوقود ,وهذه قد تكون ذات أهمية لاستغلال طاقة الرياح.


بسم الله الرحمن الرحيم
﴿ اقرأ باسم ربك الذي خلق (١) خلق
الإنسان من علق (٢) اقرأ وربك الأكرم (٣)
الذي علم بالقلم (٤) علم الإنسان ما لم يعلم ﴾
صدق الله العظيم
(سورة العلق الأية رقم ١ : ٥)

وتعتبر خلايا الوقود من أكثر الإختراعات العصرية براعة، حيث وجدت طريقها في الكثير من التطبيقات. فقد استخدمت على سبيل المثال كمنبع للطاقة في البعثة الفضائية أبولو. كما تستخدم أيضاً في تغذية الجرارات (شكل ٢٦).



(شكل ٢٦) تفاعل خليط من الغازات فى محلول فى ١٠٠٨ خلية وقود لإنتاج الكهرباء لتغذية جرار تجريبي.

لقد عرف التحليل الكهروكيميائي من حوالي قرن ونصف، وطبق في العلم وفي الصناعة، ثم تساءل الفيزيائيون والكيميائيون ما إذا كانت العملية يمكن إنعكاسها، بمعنى هل يمكن إنتاج التيار الكهربي بتفاعل غازي الهيدروجين

والأكسيجين. و لم ينجحوا في توليد كمية ذات أهمية من الكهرباء، ولكن الفكرة استمرت تكبر، مرتبطة بإيجاد جهاز خفيف الوزن وله كفاءة لتخزين الطاقة الكهربائية.

بدأ الشاب الكيميائي فرانسيس باكن من جامعة كامبريدج عام ١٩٣٢ إجراء تجارب في هذا الخط، بعد ذلك بحوالي ٢٧ سنة تمكن أخيراً من التوصل إلى النسق الملائم للتحليل الكهروكيميائي العكسي وأطلق عليه حينئذ خلايا الوقود. وكان النسق مكونا من سلسة كاملة من الخلايا يتم فيها التحول، وقطبين كهربيين، وألواح مسطحة مسامية مصنوعة من مسحوق النيكل، معلقة في محلول ٤٠٪ بوتاسيوم هيدروكسيد، ويغذي كل بمفرده بغازى الهيدروجين والأوكسيجين المضغوطين. وترتفع درجة الحرارة في الخلايا إلى ٢٠٠ درجة مئوية، ويتحد الغازان ويتحولان إلى ماء، تتحول مباشرة إلى بخار، بينما تسحب الإلكترودات التيار الكهربائي.

من الواضح عمليا أن هذه الخلايا ملائمة لتخزين طاقة الرياح. فالخلايا تشابه المراكم في عملها، فقط بدلا من إعادة شحن المراكم بتيار كهربي، فإن خلايا الطاقة تغذي بالهيدروجين والأكسيجين من اسطوانات تخزين ممتلئة بالغازين مسبقا، تم الحصول عليهما نتيجة تحليل الماء بتيار كهربي يولد باستخدام قدرة الرياح.

هناك بالطبع طرق أخرى تقليدية لتخزين الطاقة. من المعلوم أن المولدات الهوائية مقيدة بأن تعمل خلال فترات الرياح الملائمة لتشغيلها، حتى لو كانت الحاجة للطاقة قليلة في هذه الفترات. لذلك إتجه التفكير إلى أحد الحلول التي تطبق في

بعض محطات القوي الهيدروكهربية والتي تطبق أيضاً للأجهزة التي تستخدم ظاهرتي المد والجذر في توليد الطاقة. وتتلخص الفكرة في استعمال ساعات الاسترخاء في طلب الطاقة لضخ المياه إلى أعلى خزان لاستخدامها مؤخراً عند احتياج الطاقة. نظريا يمكن أن يطبق النظام للمولدات الهوائية، ولكنها تحتاج هنا إلى ملامح جغرافية ملائمة، وأعمال بنائية مكلفة. وعلى كل حال فقد صرح أحد أساتذة جامعة لندن أن ألفا من محطات طواحين الهواء تكون قادرة عل توليد كهرباء، لو استعملت فسوف تقلل فاتورة البترول في بريطانيا بما يعادل ٣٪. ولكن السؤال ما هو تكلفة الألف محطة المطلوبة.

هناك طريقة أخرى لتخزين طاقة الرياح، ذلك بإستخدامها لشحن البطاريات، مما يؤدي إلى توليد تيار ثابت يغذي المنشآت المعزولة كالمنارات على سبيل المثال. وقد زودت الهيئة المسئولة عن المنارات بإنجلترا بعض المنارات بالمولد الهوائي دنليت، الأسترالي الصنع، بفكرة استخدام البطاريات التي تشحن بطاقة الرياح بدلا من أنابيب الغاز، التي مازالت تستخدم في العديد من المنارات. وقد صرح رئيس الهيئة بأن طاقة الرياح يعول عليها أكثر من أي مصدر آخر.

وقد قامت المؤسسة ببناء برج تجريبي للمولد بارتفاع ١٠ أمتار، بالقرب من محطة الطاقة النووية في دنجينيس على ساحل كنتش الجنوبي. وتغذي الرياح بطارية تبقي ضوء ٢٥٠ وات يومض بمعدل فترات فاصلة لعشر ثواني. وقد يعتبر هذا النظام هو الأول لتطوير كافة المنارات التي تستخدم فيها الطاقة الجوية حول السواحل البريطانية. وقد زودت بعض المنارات البعيدة عن الشاطئ بمولدات دنليت تستخدم كمولدات للطاقة في حالات الطوارئ.

وفي الولايات المتحدة تقدم العلماء في جامعة ما ساتشوستس بخطه لمشروع طموح لاستعمال الرياح عند البحر، يستهدف بناء آلاف من أبراج المولدات، كل منها ثلاث مولدات، يمكن ان يرسي بعضها على قاع البحر، بينما يطفو بعضها الآخر، لتزود نيو إنجلاند بالطاقة في هيئة هيدروجين. والتيار المولد يمكن استغلاله لتغذية المحلل الكهروكيميائي عند قاع البرج وينقل الهيدروجين المتولد خلال أنابيب إلى الشاطئ.

الخاتمة

جملة القول أن إنعاش وإحياء طواحين الهواء القديمة، والتقدم نحو إنشاء الطواحين الحديثة، تعتبر بلا شك قادرة على إضافة قدر جوهري إلى منابع الطاقة الحالية، بالرغم أنها لا يمكن أن تخلصنا من القلق على الطاقة ويبين التقدير المبدئي أن الطاقة الممكن إتاحتها من هذا المصدر النظيف والمتجدد على مستوى العالم كله تصل إلى مائة مليون كيلووات في السنة، وإذا لم يستعمل على الأقل، بعضاً من هذه الطاقة فستذهب كلها هباءاً مع الرياح.

الحمد لله

كتب مبسطة للمؤلف

- التنقيب الجومغناطيسى .
- التنفيب بالطرق الكهربائية .
- التنفيب بطرق الجاذبيية الأرضية .
- الزلازل والتنفيب السيزمى .
- قصة الكرة الأرضية .
- عمر الكرة الأرضية .
- المغناطيسية الأرضية وتطبيقاتها الحديثة .
- الطاقة الشمسية فى خدمة أمان ورفاهية الإنسان .
- الطاقة الحرارية الأرضية متاعا للبشرية .
- النشاط الشمسى وأثره فى الكرة الأرضية .
- تاريخ المغناطيسية الأرضية .
- الرياح بشرى ومصدر متجدد للطاقة .

الفهـــرس

دكتور حنفي علي دعبس

أستاذ الجيوفيزياء بالمعهد القومى

للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية ـ حلوان

حصل على بكالوريوس العلوم عام ١٩٦١م من جامعة القاهرة ثم دكتوراه عام ١٩٧٠م في فلسفة العلوم في الطبيعة الأرضية من الأكاديمية التشيكوسلوفاكية (جيوفيزياء). تدرج في الوظائف العلمية بالمعهد حتى أستاذ باحث عام ١٩٨٠م. حيث عين رئيسًا لقسم المغناطيسية والتثاقلية الأرضية (١٩٨٠ ـ ١٩٨٦) ثم نائبًا لرئيس المعهد (١٩٨٦ ـ ١٩٩٥) ثم رئيسًا للمعهد (١٩٩٥ ـ ١٩٩٧) ثم أستاذ باحث متفرغ بالمعهد حتى الآن.

وشغل عضوية ورئاسة مجلس إدارة المعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفزيقية. ورئيس مجموعة عمل المجالات الداخلية والخارجية المنبثقة من IAGA، وأيضا عضوية كل من مجلس إدارة الجمعية الجيوفيزيقية المصرية واللجنة القومية للطبيعة الأرضية والمكتب الفني لرئيس أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا والأمانة الفنية لأكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا والمجلس الأعلى لمراكز ومعاهد البحوث.

في مجال البحث العلمي وتطبيقاته نشر العديد من البحوث العلمية والكتب في مجال الجيوفيزياء المختلفة. وندب للتدريس في بعض الجامعات المصرية ويشرف على بعض رسائل الماجستير والدكتوراه، ويمثل جمهورية مصر العربية في العديد من المؤتمرات والاجتماعات الدولية في مجالات الجيوفيزياء المختلفة بما فيها المؤتمرات الخاصة بأبحاث العلاقات الشمس أرضية.

مطابع الطوبجي
مؤسسة الطوبجى للتجارة للطباعة والنشر
٢٠ شارع الجامع الإسماعيلي لاظوغلى
ت: ٧٩٦٢٣٦٤ / ٠١٠١١١٨٨٨٤ / ٠١٢٢١١٧٣٠٦